

Satellit vurderer risiko for ledningsbrud

I flere områder af Dk sker der bevægelser i undergrunden. Da Vand- og Spildevandsforsyninger har store økonomiske aktiver under jordoverfladen, er det vigtigt for dem at vide, hvordan disse påvirker funktionen af deres aktiver under jorden. I et projekt fra Thyborøn er satellitdata inddraget i forsyningens datagrundlag for beslutningsprocesserne for drift og fremtidige investeringsstrategier; satellitterne er så at sige med til at vurdere risikoen for ledningsbud.

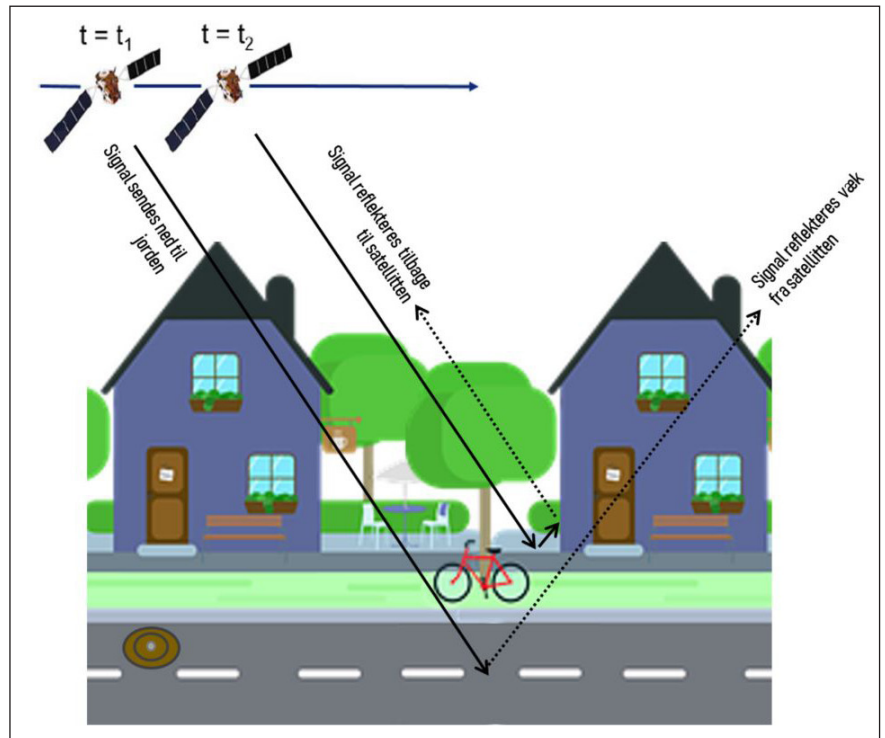
MAJBRITT LUND, ALBERT JENSEN, LARS
NØRGÅRD HOLMEGAARD &
NILS BISCHOFF

Hvordan observeres bevægelser i terræn fra satellit?

De fleste af os kender til brug af satellitdata fra satellitbilleder af Danmark fra vejrudsigten i TV eller i forbindelse med GPS navigation. Men der er i dag en lang række avancerede metoder, der udnyttes fra satellitterne til at observere jorden og jordoverfladen fra rummet. Den Europæiske rumorganisation ESA har siden starten af 1990'erne haft radarsatellitmonitorering til brug for forskellige kortlægningsaktiviteter. Med EU kommissionens Copernicus-program er der opsendt to radarsatellitter, der stiller data gratis til rådighed. Disse satellitdata er optaget med syntetisk apertur-radar, også kaldet SAR. SAR arbejder med pulser af mikrobølger, der reflekteres på forskellig vis, når de rammer jorden, se figur 1. De opsamlede informationer om mikrobølgernes fase og amplitude bruges i de videre beregninger i forhold til eventuelle bevægelser i terræn.

SAR teknikken er uafhængig af vejrforhold og kan optage data både dag og nat. De to radarsatellitter har været i kredsløb om jorden siden hhv. 2014 og 2016. Overflyvninger over Danmark betyder at der i dag kontinuerligt indsamles data mindst hver tredje dag.

Til beregninger af vertikale terræn bevægelser, arbejdes der oftest med punktmålinger, hvor et specifikt punkt på jordoverfladen,



FIGUR 1: Syntetisk apertur-radar (SAR) anvender reflekterede impulser fra jordoverfladen, signalernes amplitude og fase kan herefter anvendes til beregninger af eventuelle bevægelser i terræn.

der har givet den kraftigste refleksion inden for et måleområde genfindes i de gentagne dataset fra hver satellitoverflyvning af området. Ved sammenligning af disse datasæt kan, der på baggrund af en tidsserie beregnes vertikale bevægelser for de enkelte punktmålinger. Denne teknik til bestemmelse af vertikale bevægelser kaldes "Persistent Scatter Interferometri" (PSI). Med denne beregningsteknik kan der opnås meget stor nøjagtighed på de

beregnete terræn bevægelser (< 1 mm med 4 års data) /1/.

Beregninger af vertikale terrænbevægelser fra satellitdata kræver specialkendskab til data og datahåndtering. Kystdirektoratet, DTU og GeoPartner Inspections har herhjemme arbejdet med de første anvendelser og beregninger af vertikale terrænbevægelser baseret på satellitdata /2/. Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (SDFE) har købt landsdækkende

dataregninger baseret på satellitdata fra 2014-2019 og stiller disse til rådighed for alle interesserede i forbindelse med et udviklingsprojekt til kortlægning af potentialet for anvendelse af disse data i Danmark.

Hvorfor sker der vertikale terrænændringer i Danmark?

Seneste istiders isdække belastede store dele af Danmark, blandt andet ved at påføre landsenkninger over store arealer. Derfor oplever vi i Danmark i dag en overordnet landhævning som resultat af isens tilbagetrækning.

Lokale terrænændringer kendes fra områder over lokale underjordiske gaslagre og saltminer, disse følges allerede i dag af hhv. niveaulementer og satellit og skyldes at jordoverfladens placering påvirkes af eventuelle trykændringer nede i lagrene og minerne /1/.

Som resultat af den underliggende geologi, ændrede arealanvendelser og øget urbanisering opleves der mange steder i landet lokale vertikale terrænændringer. Geodatastyrelsen har i en samlet teknisk rapport udpeget en lang række områder i Danmark, der har særlig risiko for at opleve lokale vertikale terrænændringer /3/. Specielt udsatte er udpræget opfyldsarealer, som for eksempel havnearealer samt i områder præget af landvindinger og øget urbanisering ex Aalborg, København og Thyborøn.

Aktiver under jorden

Forsyningselskabernes har mange aktiver under jorden, der har til formål at opsamle og transportere vand af forskellige karakterer, såsom regnvand, spildevand og drikkevand. De danske forsyningselskaber har i alt ca. 109.000 km ledninger i deres drift og distributionsnetværk.

BOKS 1: InSAR-PSI Satellitdata
Syntetisk apertur-radar (SAR) teknikken opsamler mikrobølge impulser amplitude og fase, efter refleksion fra punkter på jorden. SAR Interferometri (InSAR) er en teknik til observation og beregning af højder for refleksioner ved at sammenligne flere radar billeders faseforskelle fra samme område. Persistent Scatter Interferometri (PSI) er en beregningsmetode, der udnytter de kraftigste punktrefleksioner i et område og følger disse gennem en længere tidsperiode. Beregningerne kan derved opnå meget stor nøjagtighed for den vertikale terrænbevægelse.



FIGUR 2: Eksempel på ledningsbrud, her i et drikkevandsrør.

Levetiden af selskabernes aktiver under jorden er et centralt begreb dels i forhold til drift og vedligehold, samt regnskabs- og investeringsmæssigt for forsyningselskaberne. Desværre ses det ofte, at ledningsnettets levetid er mindre og at de løbende drifts- og renoveringsomkostninger er højere end estimeret. Øgede omkostninger giver højere priser for vand til forbrugerne, også derfor er forsyningselskaberne interesserede i at kunne lave de mest nøjagtige risikovurderinger og investeringsstrategier for deres mange aktiver – også dem under jorden.

Hvilken vej løber vandet?

Afgørende for forsyningsikkerheden er at ledningsnetværk til opsamling og transport af forskellige typer vand, faktisk transporterer vandet de ønskede steder hen.

Dette sikres ved etableringen af korrekte hældninger og dimensioneringer af ledningssystemet. Her anvendes hydraulisk modellering til beregninger af ændringernes påvirkning af systemet. Ved ændringer i systemet og i forbindelse med nye investeringer er forudsigelser for systemets funktionalitet vigtig. For eksempel gør klimaforandringerne det nødvendigt at vide, hvordan regnvandsledningerne i et separat kloakeret boligområde kan håndtere fremtidige kraftigere regnhændelser. Til dette kan de hydrauliske modeller kobles med satellitdata, anvendes som basis for beregninger af dynamiske fremtidsscenerier ved at simulere systemets funktion, når det udsættes for kraftige regnhændelser. Herved kan der for eksempel laves kort med hot-spot, der viser hvor i byen der kan forventes oversvømmelser, fordi regnvandsledningerne ikke har

kapacitet nok til at transportere voldsomme regnmængder væk fra området. Denne type dynamiske modelberegninger for et ledningssystemets fremtidige formåen, sker i dag som en naturlig del af risikovurderinger samt i forbindelse med for eksempel investeringsstrategier i forhold til rørdimensioneringer. For at kunne få disse fremtidsscenerier så præcise som muligt, er det vigtigt at kunne anvende det bedst mulige datagrundlag ind i disse modelberegninger.

For forsyningselskaberne betyder dette at der er øget opmærksomhed på hvilke lokale forhold, der potentielt kan have væsentlige indflydelser på disse resultaterne i modellerne.

Et opmærksomhedspunkt, der potentielt påvirker et ledningssystemets funktionalitet, er hvorvidt der sker lokale landhævninger eller landsenkninger.

Hvor løber vandet mon hen, hvis der sker sætninger i terrænet for området, hvor ledningssystemet løber igennem? Vil det give anledning til ledningsstrækninger, hvor der er risiko for tilbageløb eller lunger? Eller i værste fald ledningsbrud?

BOKS 2: Asset Management

Asset management handler om hvordan selskabets aktiver eller ressourcerne bedst muligt håndteres. Specielt interessant for forsyningselskaber er drift, vedligehold og investeringer i de aktiver de har under jorden.



FIGUR 3: De årlige terrænsænkninger i Thyborøn i mm.

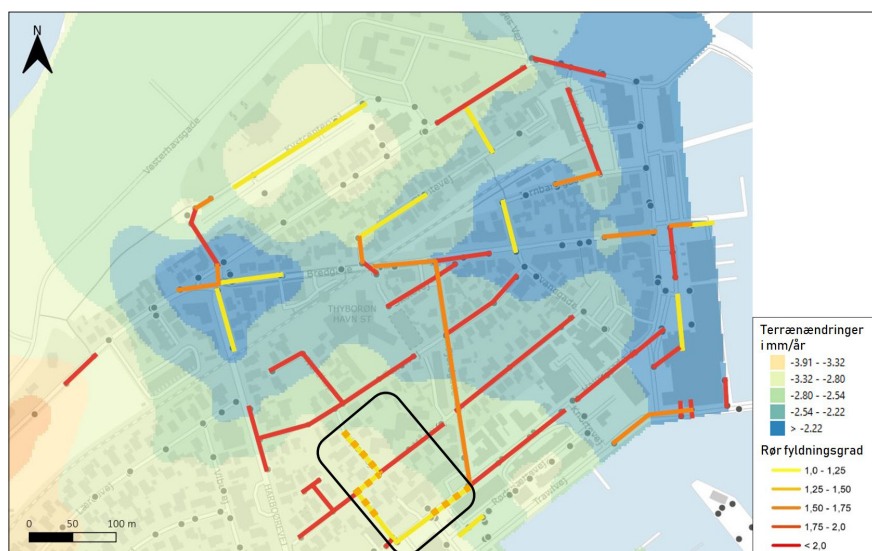
Dynamisk modellering med satellitdata

Der er udvalgt et byområde, hvor den overordnede urbane udvikling har været etableret i mange år, da området inkluderer det oprindelige havneareal i Thyborøn og derfor har været delvist urbaniseret i mere end 100 år. Området er et hydraulisk afgrænset område, hvor regnhændelser i størrelsesordenen et års og fem års regnhændelser håndteres bedst. I forbindelse med eventuelle fremtidige investeringer ønsker forsyningen en risikovurdering af den fremtidige funktionalitet i regnvandsledningerne da terrænsænkningerne for området kan fremskrives til 10-20 cm over de kommende 20 - 75 år.

Disse lokale terrænsænkninger er således indarbejdet i en hydraulisk modellering at om-

rådets ledningsnetværk for regnvand ved at tillægge koterne i ledningsnettet en dynamisk værdi svarende til de observerede lokale terrænbewægelser.

Hele byen sænker sig med 0,5 til 7 mm om året. I den sydlige del af Thyborøn ses større udfordringer med terrænsænkninger på 7 mm/året, se figur 3. Generelt er sænkningerne i den centrale del af Thyborøn størst. I disse områder er der også flere andre parametre, der øger kompleksiteten af de dynamiske modeller, da der i disse områder også skal medtages højt- og stigende grundvandsstand samt indflydelsen fra havniveauet. Forsyningsgesellschaften arbejder således videre med at udvide datagrundlaget for de dynamiske modeller, der er vigtige som beslutningsgrundlag for fremtidige investeringer.



FIGUR 4: Eksempel på resultat af dynamisk modellering – rørfyldninger af regnvandsledninger i et afgrænset område i det nordøstlige Thyborøn ved 1-års regnhændelse ved 75 års fremskrivning af de lokale terrænsænkninger i området /4/.

Vandføringsevnen forringes med årene, idet der, på grund af inhomogene terrænsænkninger, er ledninger der ændrer rørhældning. I området, som vises på figur 4, fremgår sænkningens betydning for gennemstrømningen. I denne beregning er der ikke taget hensyn til havstigninger, som ville forværre billedet.

Anvendelse af satellitdata i andre sammenhænge

Anvendelsen af styrket datagrundlag for lokale terrænændringer vil naturligt ligeledes have anvendelse uden for forsyningsbranchen, for eksempel i forbindelse med klimatilpasningsprojekter, myndighedsforvaltning på miljø og naturområdet samt for infrastrukturprojekter. Hvor infrastruktur-knudepunkter som de danske havne kender til udfordringer med terrænændringer, der i kombination med øget nedbør og stigende vandstand i havene er et centralt opmærksomhedspunkt i fremtidige risikovurderinger og asset management. I regi af det nye Klimatorium i Lemvig arbejder Lemvig Vand videre med mulighederne for anvendelse af satellitdata i fremtidige investeringer.

Referencer:

- /1/ Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (SDFE), 2020. Introduktion til kortlægning fra satellit.
- /2/ Broge, N., Sørensen, C. S., Robenhagen Mølgaard, M., Fredenslund Levinsen, J., Okkels, N. & Knudsen, P., 2016. Vertikale Landbevægelser - Nye Data Til effektiv Forvaltning. Kort Dage 2016.
- /3/ Geodatastyrelsen (GST), 2013. Kortlægning af områder med forøget sandsynlighed for landsænkning. Technical Report Series Volume 17.
- /4/ DANVA rapport, 2020. Satellitdata til strategisk ledningsnet overvågning, SASLO.

MAJBRIIT LUND, Forsker og underviser ved Forskningscenter for Byggeri, Energi, Vand og Klima, VIA University College

ALBERT JENSEN, Udviklingschef hos Lemvig Vand

LARS NØRGÅRD HOLMEGAARD, Direktør hos Lemvig Vand

NILS BISCHOFF, Chefkonsulent ved Rambøll