



Slots- og Kulturstyrelsen
Agency for Culture and Palaces
H.C. Andersens Boulevard 2
DK-1553 København V

Att.: Merete Lind Mikkelsen

E-mail: mlm@slks.dk

Gregersensvej
DK-2630 Taastrup
Telefon 72 20 20 00
Telefax 72 20 20 19

info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

31. marts 2017
ALSH/TJ
744320_TJ17_011

Vikingskibshallen. Undersøgelse af forhold vedr. vandindtrængning.

Teknologisk Institut har i perioden den 10. februar – 28. marts 2017 med Dem som rekvirent foretaget undersøgelse af vandindtrængning på ovennævnte adresse med henblik på at vurdere omfanget og årsagen.

Baggrund

Der er konstateret indtrængende vand i konstruktionen som den forrige rapport ikke gav et helt klart billede af hvor vandet kom fra. Der ønskes derfor en undersøgelse af forholdene vedr. det indtrængende vand.

Formål

Formålet med opgaven er at fremkomme med en vurdering af:

- Årsag og steder for utætheder.
- Forslag til sikring eller vandtætning.

Data og informationer

Tidligere rapporter fra Teknologisk Institut samt udleveret tegningsmateriale i forbindelse med disse.

Analyse af udfældninger i brønd

Der er udtaget udfældninger fra pumpebrønd til saltanalyse (chloridanalyse). Der blev udtaget i alt 2 prøver, 1 med rødlige udfældninger og 1 med hvide. Begge prøver er analyseret ved at udfældningerne er udtørret og knust til pulver og målt med RCT metoden (Rapid Chloride Test). Begge prøver viser et chloridindhold som tolkes som værende meget højt (højere end kalibreringskurven og dermed ikke talsatte) og dermed saltholdige.

Fugtmålinger mv.

Der er udført fugtmålinger med neutronmåler (Troxler) i bunden af gruben, hvor denne er tilgængelig (i ventilationskanalerne) og på dækket i kote +1,0 i bygningens vestlige del af kælderen.

Detaljerede resultater af troxlermålingerne fremgår af bilag 1.

Der er desuden iboret i alt 6 elektriskerrør i vægge i gruben indtil grusfyldte områder eller område fyldt med "mager lecabeton". Placeringen fremgår af bilag 1, Figur 2. Ved boringen kunne det registreres at gruset ved rør nr. 1 virkede fugtigt. Ved rør nr. 2 kom der blankt vand ud af borehullet. Ved rør nr. 3 virkede gruset tørt og ved

rør nr. 4 virkede gruset fugtigt. Ved rør 4 lignede gruset mere jord (mørkebrun farve). Ved rør nr. 5, som er placeret i samme væg som rør nr. 2 kom der også blankt vand ud. Rør nr. 6 er placeret i væg til "mager lecabeton" i ventilationsrør der har adgang fra lem i Vikingskibshallen.

Rørene er placeret ca. 5 cm over lecabetonen på gulvet, hvilket svarer til ca. kote +0,25.

Rørene (rør 1-5) blev boret i den 20. februar. Den 1. marts løb der fortsat vand fra rør 2 og 5 med umiddelbart vurderet uændret flow. Den 10. marts er der registreret at flowet er sænket/stopet.

Rør nr. 6 er boret i den 10. marts uden at der kom vand ud af røret.

Analyse af vandprøver

Der er udtaget vandprøve fra rør nr. 2, gulvafløb udfor rør 2 og fra fjorden.

Resultatet af måling af chloridindhold fremgår af nedenstående tabel:

Chloridindhold i % af massen af afvejet væske		
Prøve ID	Prøvemængde [g]	Chloridindhold [%]
Gulvafløb	25,19	0,002
Rør2	27,46	0,094
Fjord	6,29	0,618

Tabel 1. Resultat af chloridmåling på vandprøver.

Vandstand

I perioden fra den 20. februar – 2. marts 2017 har vandstanden, jf. DMI generelt været over normal vandstand og maksimalt +75 cm den 23. februar.

I perioden 10. februar – 10. marts 2017 har pumpebrønden været tør.

Øvrige forhold

Rørgennemføringer i niveau under membranen der er udført efter opførelsen kan potentielt give vandindtrængning såfremt der ikke er udført en virksom tætning. Ved opgravning på bygningens vestgavl til rørgennemføringer ses det at en sådan tætning ikke umiddelbart er foretaget.

Se fotos i bilag 2.

TV-inspektion af afløbsledninger

TV-inspektion er foretaget den 24. februar 2017 af RTR Gruppen Roskilde. Oversigtstegning med markering af de inspicerede afløbsledninger er angivet på bilag 3. Rapport er vedlagt som bilag 4.

Generelt er der ikke registreret brud el.l. på afløbsledningerne i gruben. En enkelt streng, der går til udslagsvask på dametoilet (GA 3) kunne dog ikke filmes til enden pga. stop pga. aflejringer.

Eneste registrerede skadesklasse 4 er beliggende udenfor bygningen lige efter brønd nr. 2 (BR 2), hvor ledninger er udført i lerrør. Her er der en forskudt samling der er åben. Det anbefales at der foretages omgående renovering.

Vurdering

Ud fra den foretagne undersøgelse samt de givne data og informationer kan instituttet udtale følgende:

Fugtmålingerne og de iborede rør viser at væggen i gruben beliggende ved modullinie 4 er/har været våd. Det trekantede område fyldt med "mager lecabeton" bag betonvæggen er vandfyldt og der har over en lang periode været et umiddelbart vurderet uændret flow i rørene til området. TV-inspektion af afløbsledninger der er beliggende i dette område viste ikke tegn på brud på afløbsledningen der kan fylde området med spildevand.

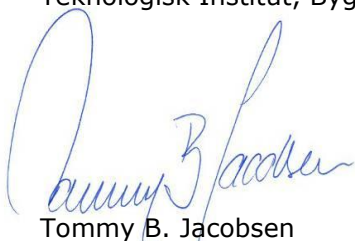
Ligeledes er udfældningerne i pumpebrønden salte, ligesom der er et vist saltindhold i vandet fra et af rørene, dog ikke i samme mængde som fjordvandet. Dette kan skyldes usikkerheden ved målingen/vandmængden samt at nogle af chloriderne oplejres i sandfyldet.

Idet pumpebrønden i hele perioden har været tør og de iborede rør er standset med at løbe vurderes det, at der ikke er et eller flere huller i membranen der giver anledning til konstant vandindtrængning.

Tilstedeværende vand i de fyldte lag i gruben vurderes at være fyldt op i forbindelse med hændelser hvor vandstanden har været så høj at vand kunne løbe ind i bygningen over membranens niveau eller gennem utætte gennemføringer. Da der ikke er nogen muligheder for at vandet selv kan løbe ud igen, vil det derfor ophobes og fordampningen vil være beskeden/langsom selv om der er et stort luftskifte i konstruktionen.

Som en form for overløbssikring, kan der eventuelt etableres supplerende pumpebrønde andre steder i gruben og de lukkede områder kan drænes via borede huller og drænslinger.

Venlig hilsen
Teknologisk Institut, Byggeri og Anlæg



Tommy B. Jacobsen
Faglig leder



Allan Skydsbæk Hansen
Konsulent

Mobil: 72 20 21 71
E-mail: tj@teknologisk.dk

72 20 28 12
alsh@teknologisk.dk

Bilag 1:

Udført

Troxler-måling er udført i perioden den 13. – 16. februar 2017 af Allan Skydsbæk Hansen og Morten Thomsen, Teknologisk Institut.

Metode

Ved TROXLER-systemet udsendes en stadig strøm af hurtige neutroner fra en kalibreret neutronkilde ind i den aktuelle konstruktion.

I materialet reflekteres neutronerne ved sammenstød med atomkernerne i materialerne på samme måde som billardkugler. Hvis atomkernerne er tunge, reduceres hastigheden af neutronerne kun lidt, men hastigheden reduceres kraftigt ved sammenstød med de lette brintkerner, der er bundet i vand.

Apparatet tæller kun de langsomme neutroner, der reflekteres, og det vil i det væsentligste kun være de neutroner, der har haft sammenstød med brint i vandform, men det kan også være refleksioner fra brint bundet i materialer som tagpap, isolering m.m.

Den udsendte neutronstrøm varierer kraftigt, som f.eks. tætheden af bilerne på en vej, og andelen af reflekterede neutroner varierer tilsvarende kraftigt. Ved at måle over et vist tidsinterval og registrere gennemsnittet vil variationen blive formindsket. Jo længere tidsinterval jo mindre vil variation i registreringen være. Tidsintervallet kan indstilles, så det passer til opgaven, og der opnås en beskeden variation i registreringen og dermed en tilstrækkelig repeterbarhed af målingen.

I en tør konstruktion kan indholdet af brint være stort eller lille afhængig af de materialer, der indgår. Forudsat et ensartet materiale vil variationen af vandindholdet og dermed variationen af de reflekterede neutroner være meget lille. Varierer vandindholdet i den aktuelle konstruktion, vil dette derfor medføre en kraftig variation af den reflekterede strøm af neutroner. Antallet af de reflekterede, langsomme neutroner måles og giver et udslag, der kaldes "tælle-tallet". En kraftig variation af tælle-tallet kan i det væsentligste kun skyldes en kraftig variation i vandindholdet, når det forudsættes, at den givne konstruktion er homogen, og når tidsintervallet for målingen er korrekt valgt.

Afhængig af materialet måler TROXLER-udstyret fugt i op til 100-150 mm's dybde i de fleste emner.

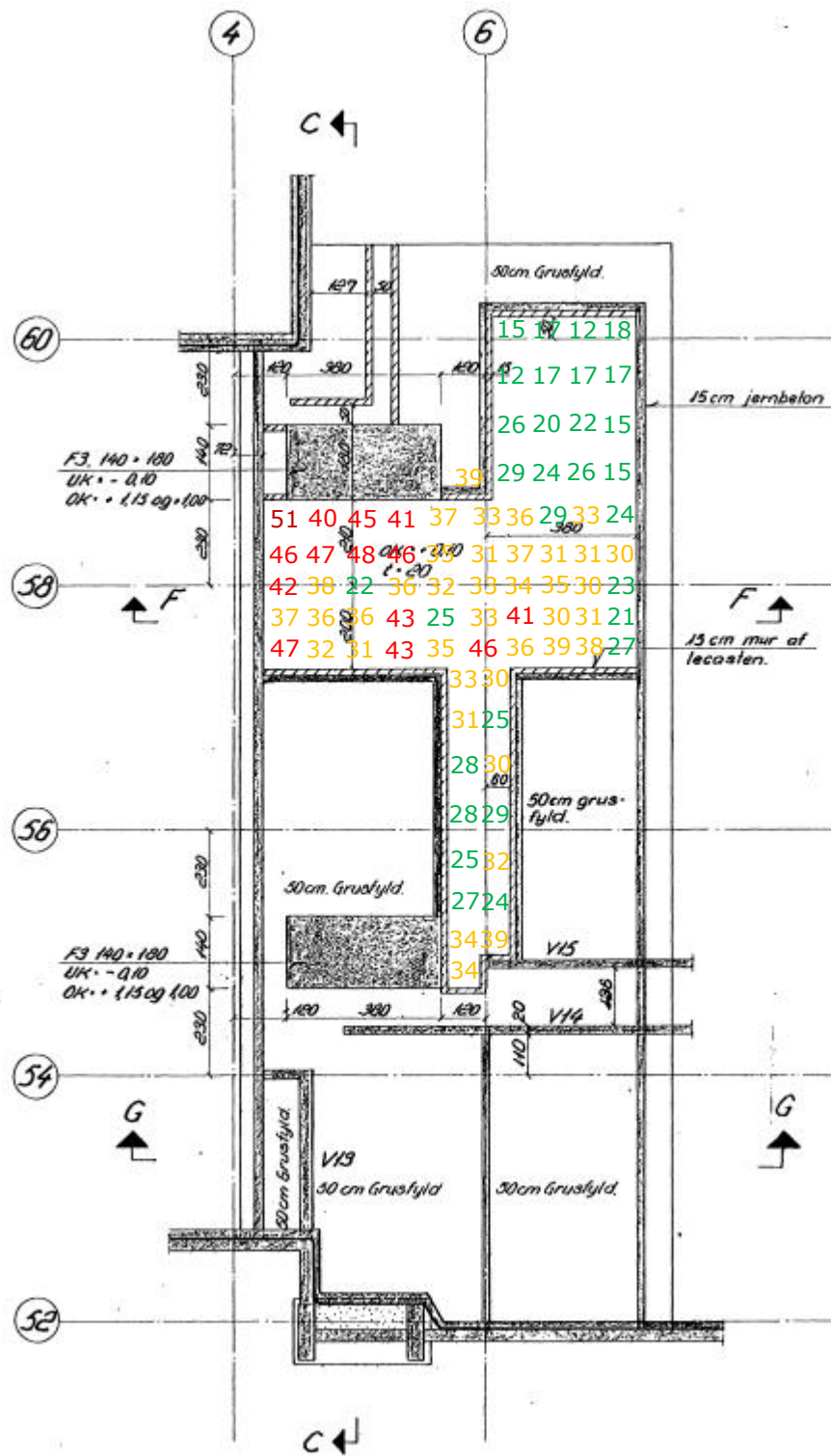
OBS: Metoden måler ikke det absolutte vandindhold i fx vægtprocent (vægt %), kg/m³, kg/m² eller den relative luftfugtighed (% RF), men kan bestemme den relative variation af vandindholdet i konstruktionen eller fladen.

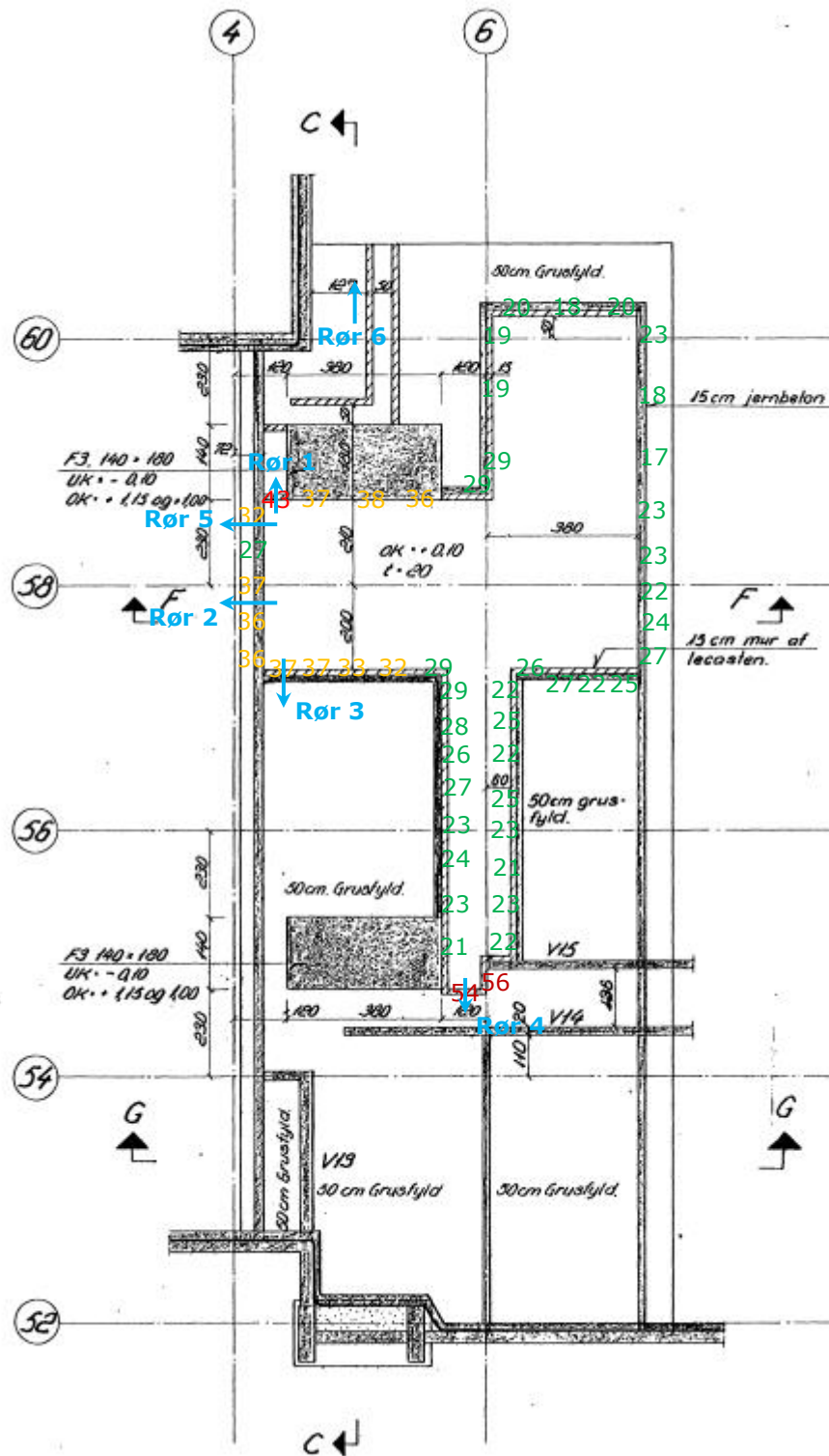
Omfang

Der er udført målinger på det meste af bundpladen hvor denne er tilgængelig.

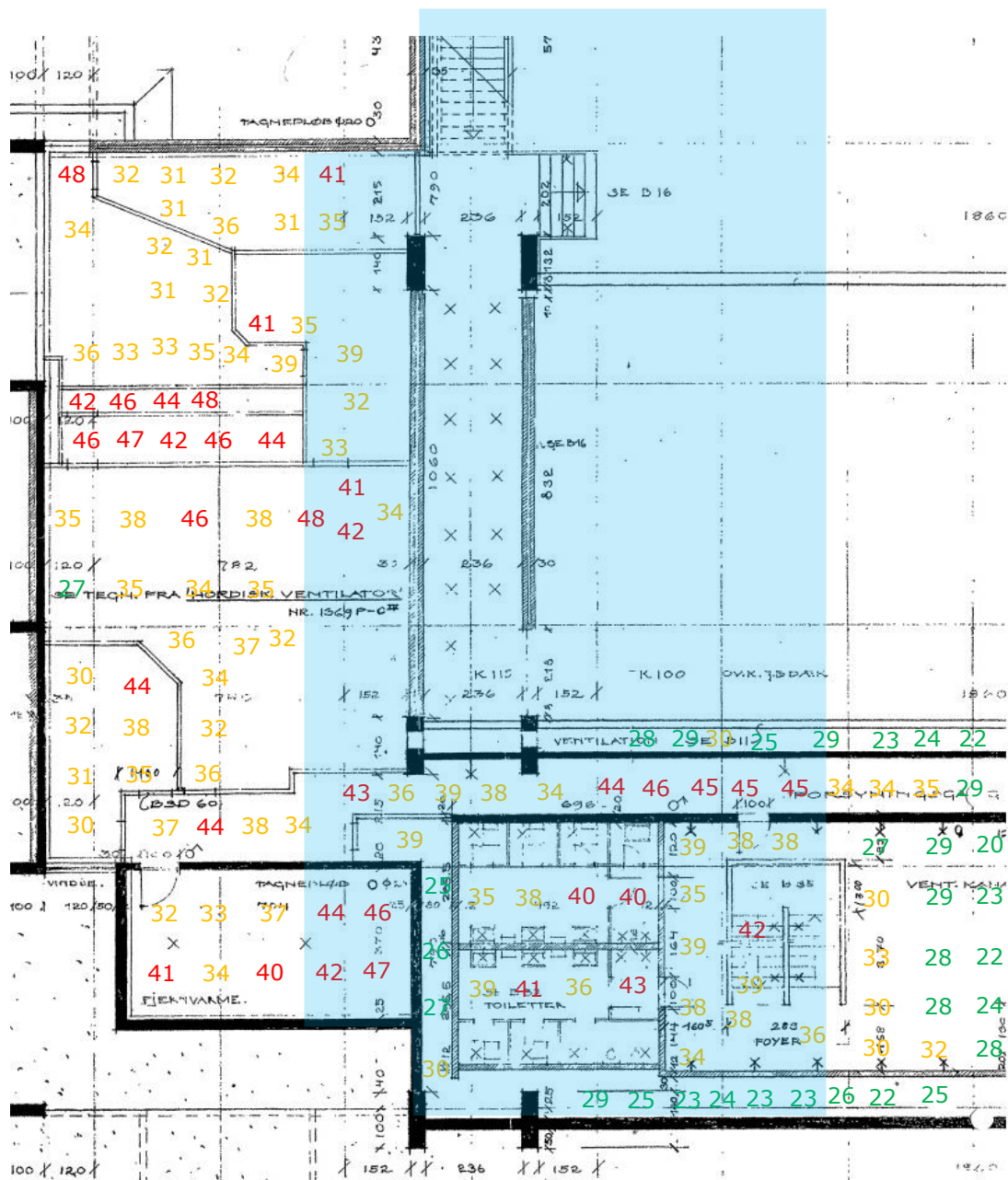
Resultat

Tælle-tallene fremgår på de følgende figurer:





Figur 2. Tællemaal målt på vægge i grube. Der er ligeledes angivet placering af elektriskrør i vægge. Rørene er monteret i huller der er boret igennem væggene.



Figur 3. Tællemaal målt på dæk i kote +1,00. Grubens placering er angivet med blå.

Bilag 2. Fotos



Foto 1. Rørgennemføringer på vestgavl. Udvendigt.



Foto 2. Rørgennemføringer på vestgavl. Indvendigt.



Foto 3. Der er ikke udført en tætning mod ydersiden.



Foto 4. Ind langs rør i hullet ses ingen tætningsmateriale.

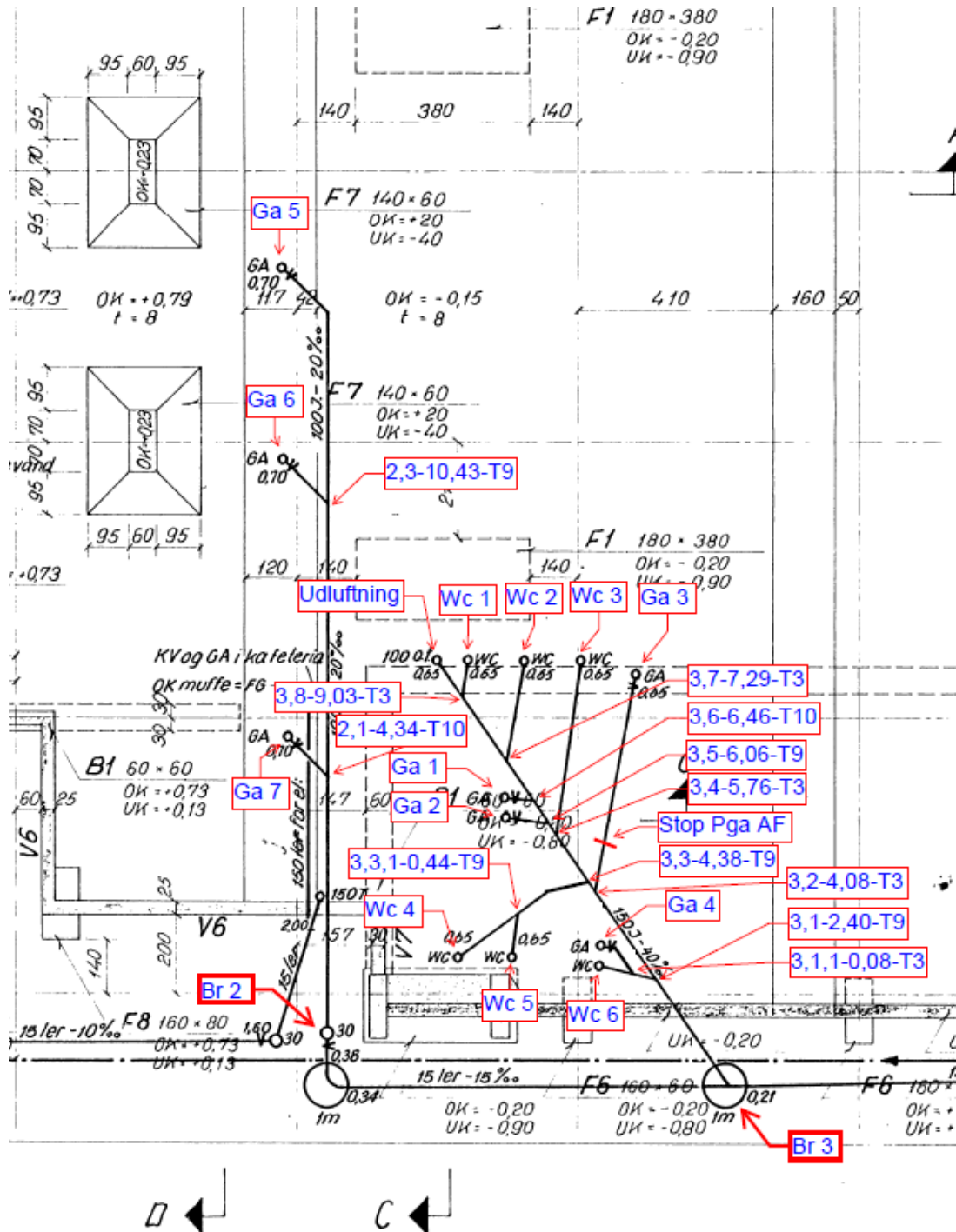


Foto 5. Rør nr. 2. Foto fra 1.3.2017, hvor der fortsat løb vand ud af røret.



Foto 6. Rør nr. 5 (pil) og rør nr. 1. Foto fra 1.3.2017, hvor der fortsat løb vand ud af rør nr. 5.

Bilag 3. Oversigtstegning TV-inspektion



Bilag 3. TV-inspektionsrapport