



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

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

info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

Vandindhold i tage

Hyldebjergvej, Albertslund

Udført for:
COWI A/S
Parallelsvej 2
2800 Kongens Lyngby

Udført af:
P.F. Collet

Taastrup, den 3. juni 2010

Projektnr.: 1359800
Ordrenr.: 365570

BYGGERI

3. juni 2010
PFC/anc

Indhold

1. Baggrund og formål.....	3
1.1 Rekvirent.....	3
1.2 Objekt.....	3
1.3 Baggrund.....	3
1.4 Formål.....	4
1.5 Data og informationer.....	4
2. Sammenfatning.....	5
2.1 Opgavens omfang.....	5
2.2 Resultater.....	5
3. Vurdering.....	7

Bilag 1 Beskrivelse af vores TROXLER-SYSTEM

Bilag 2 Tagplaner med tællelister og kommentarer (COWI har originalerne)

Bilag 3 Vandindhold i isolering, veje-tørre-veje metode

3. juni 2010
PFC/anc

1. Baggrund og formål

1.1 Rekvirent

COWI rådgivende ingeniører
v. Michael Per Vesterløkke
E-mail mv@cowi.dk

på vegne af

BO-VEST
Att. Tine Refsgaard
Malervangen 1
2600 Glostrup

1.2 Objekt

Udvalgte tage på Hyldebjergvej, 2630 Albertslund.

1.3 Baggrund

Der har igennem flere år været problemer med vandgennemgang af de skrå og flade tage på Hyldebjergvej, Albertslund

Det er uklart om denne vandgennemgang har opfugtet isoleringen i et sådant omfang, at den bør udskiftes, og det er lidt uklart i hvilket omfang skaderne skyldes, at tagdækningen i sig selv er blevet utæt, eller om skadernes skyldes fejl og mangler ved inddækninger m.m.

I forbindelse med den forestående renovering af tagene er det derfor vigtigt at få klarlagt problemstillingen, således at man kan vælge den teknisk set bedste og billigste form for udbedring af tagene.

Teknologisk Institut ved civilingeniør P.F. Collet blev derfor tilkaldt for at foretage en scanning af variationen af vandindholdet i tagkonstruktionerne.

3. juni 2010
PFC/anc

1.4 Formål

Formålet med opgaven er først og fremmest at foretage en scanning af variationen af vandindholdet i tagene over et passende antal huse, således at man kan få en form for statistisk belæg for en vurdering af problemstillingens omfang.

Med baggrund i scanningen kan man derved foretage en vurdering af vandindholdet i tagene, således at man kan vurdere om isoleringen er så opfugtet, at den skal udskiftes, eller om man kan lade isoleringen og den eksisterende pap blive liggende ved en renovering af tagene.

1.5 Data og informationer

Rekvirenten har skitseret tagkonstruktionens opbygning, og der er udleveret tagplaner, men der foreligger ikke egentlige detaljerede tegninger af tagkonstruktionen.

3. juni 2010
PFC/anc

2. Sammenfatning

2.1 Opgavens omfang

Ved besigtigelsen den 19. april 2010 blev der udført følgende undersøgelse:

- Der er foretaget en scanning med vores TROXLER-system (bilag 1) af 10-15 tagflader. Målingerne er fordelt efter en måleplan for de 6 huse, og der er foretaget en overfladisk scanning af yderligere 4-5 tage for at se, om de svarede til de øvrige tage (bilag 2).
- Der er udtaget 4 prøver af isoleringen til kontrol af vandindhold i 4 områder (bilag 3).
- Der er ud over det aftalte foretaget en visuel kontrol af fejl og mangler, specielt ved et enkelt tag under "tagterrasserne".

2.2 Resultater

Skråtage

Scanningen af tagene viser med tælleletal på 12-25, at alle de skrå tage er så tørre, som man kan forvente af et ældre tag, svarende til omkring 5 vægt % vand i gennemsnit (dvs. vandindhold op til måske 10 vægt % vand i de vådeste områder).

Der er dog enkelte områder med lidt højere tælleletal af størrelsesordenen 25-35.

Vandrette tage mellem skråtage

Scanningen af de vandrette tage viser, at tælleallene varierer meget fra 30-75, svarende til et vandindhold på 20-50 vægt % vand i polystyrenisoleringen.

Ved 75 mm isolering svarer dette til et vandindhold i isoleringen på 100-300 g vand pr. m² tagflade, eller ved sommerkondens (dvs. når solen har udtørret oversiden af isoleringen og "presset" vandet ned på underlaget, betondækket), svarer dette til en vandfilm på 0.1-0.3 mm oven på betondækket.

Denne vandmængde vil ikke kunne give vandskader på de underliggende konstruktioner, og denne vandmængde vil ikke i nævneværdigt omfang reducere isoleringsevnen i den kolde periode.

(Det ekstra varmetab, der kommer på grund af den våde isolering, svarer til den "gratis" flytning af energi = den mængde energi, der i løbet af vinteren skal til for at flytte vandet fra undersiden til oversiden af isoleringen. Dette svarer til et varmetab der er langt under 1 % af tagets årlige varmetab).

3. juni 2010
PFC/anc

De vandrette tage under tagterrasserne

Tællellene varierer her noget mere end oven for med tællellal fra 30-90, svarende til et vandindhold i de vådeste områder på op i mod 150 vægt % vand.

Årsagen til de høje tællellal langs med inddækningerne skyldes med stor sikkerhed den mangelfulde inddækning, der flere steder var tydeligt utæt, hvilket, ifølge det af rekvirenten oplyste, også har medført, at der i gennem flere år er sket en vandgen-nemgang i disse områder.

3. juni 2010
PFC/anc

3. Vurdering

Ud fra de foretagne visuelle iagttagelser, den foretagne scanning af vandindhold i tagene og de supplerende bestemmelser af vandindholdet ved veje-tørre-veje bestemmelsen i laboratoriet viser undersøgelsen:

- At de skrå tage for alle praktiske forhold er så tørre, som man kan ønske sig, og at de derfor helt uden problemer kan renoveres uden at optage eksisterende isolering og tagdækning. Det er dog oplagt, at man må formode, at der på få tage vil være enkelte områder, hvor der vil være synlige fejl og mangler, der kan medføre, at man må foretage en nærmere undersøgelse af, om man skal
 - nedklæbe ”dampbuler”
 - foretage renovering af inddækningerne og foretage en vis forebyggende vedligeholdelse
 - foretage en partiel udskiftning af isolering eller tagdækning.
- At den vandrette tagflade mellem de skrå tage er væsentligt mere opfugtet, og at man ud fra en mere traditionel tankegang ville udskifte isoleringen i disse områder. En nærmere analyse af vandindholdet i isoleringen viser dog:
 - at et tilsyneladende højt vandindhold på 20-50 vægt % vand i isoleringen kun svarer til en vandfilm i en tykkelse på op i mod 0.1-0.3 mm
 - at en så ringe vandmængde i øvrigt ikke har nogen skadevoldende effekt
 - at vandindholdet af denne størrelsesorden ikke påvirker varmeledningsevnen af isoleringen i nævneværdig grad, (måske $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ kr./m²/år) ved den eksisterende isoleringstykkel
 - at den ”indkapslede” vandmængde sandsynligvis vil fordampe over de næste 3-5 år, når tagdækningen er blevet renoveret, og det forøgede varmetab således vil være helt uden betydning
 - at da der kun er udtaget en meget lille population af tagene til denne undersøgelse, er det sandsynligt, at der i en lille del af tagene i bebyggelsen kan være mindre områder, hvor der vil være større synlige fejl og mangler, der kan medføre, at man må foretage en nærmere undersøgelse af tilstanden inden man foretager en renovering
 - at man må forvente, at der vil være en række tage, hvor man bør nedklæbe ”dampbuler”, udbedre inddækninger med mere og foretage en vis forebyggende vedligeholdelse/efterudbedring inden der foretages en mere generel renovering af tagene.

3. juni 2010
PFC/anc

- Der er kun målt på en enkelt ”tagterrasse”, men taget viser i princippet de samme tegn, som ved de ovennævnte flade tage bortset fra, at der her er væsentligt flere dårlige inddækninger og punktvist noget højere tælleantal og vandindhold. Taget er udvalgt efter, hvor forholdene var værst, og det er derfor rimeligt at antage, at tagterrassen generelt svarer til de ovennævnte flade tage, men at der dog ved tagterrasserne er væsentligt flere svage punkter på grund af de mange og lidt mere komplicerede inddækninger. Det kan således i forbindelse med en renovering af tagterrasserne være rimeligt at foretage en generel visuel scanning eller en scanning med vores TROXLER-system inden arbejdet går i gang.

Teknologisk Institut, Byggeri



P.F. Collet
Civilingeniør

Direkte telefon: 72 20 21 77

Bilag 1

Fugtscanning med TROXLER-systemet

Fugtscanning med TROXLER-system

Fugtmåling med TROXLER-systemet er en ikke-destruktiv måling, kaldet en ND-måling (Non Destructiv). Det vil sige, at målingen ikke indgriber i konstruktionen eller kræver, at der udtages prøver. Metoden kan give en meget præcis måling af variationen af vandindholdet i en flade, fx tag, væg eller gulv.

Metoden måler ikke det absolutte vandindhold i fx vægtprocent (vægt%), kg/m^3 , kg/m^2 eller den relative luftfugtighed (%RF), men kan bestemme den relative variation af vandindholdet i konstruktionen eller fladen.

Generelt

Ved måling af vandindholdet i mange bygningsmaterialer kan veje-/tørrebestemmelsen af vandindholdet og bestemmelsen af den relative luftfugtighed være fejlvise i relation til problemstillingen.

Vandindholdet i en flade kan variere utroligt meget, selv over kortere afstande, fx. kan vandindholdet i 2 teglsten variere med en faktor 2-4, selvom de er beliggende i overfladen med fælles fuger. Tilsvarende kan vandindholdet også variere i beton, men i noget mindre omfang. For træ og visse isoleringsmaterialer kan variationen af vandindholdet være op til en faktor 10 over ganske korte afstande.

En måling af fugtindholdet udelukkende ved hjælp af veje-/tørremetoden er sædvanligvis forholdsvis dyr og derudover destruktiv, da der skal udtages mange prøver fra konstruktionerne for at få et sikkert grundlag for en vurdering af fugtforholdene.

Hvis en udtørring skal følges eller vandindholdet i en konstruktion skal bestemmes, er det derfor nødvendigt enten tage mange prøver eller sikre sig, at prøverne udtages på en sådan måde, at de er repræsentative for problemstillingen.

Formål med ikke-destruktive målemetoder

Formålet med en ikke-destruktiv målemetode, som fx TROXLER-systemet, til måling af vandindholdet i materialer, er at foretage mange enkle og sikre målinger af de relative forskelle i vandindholdet i en given konstruktion således, at det er muligt at:

- vurdere variationen i vandindholdet i konstruktionen med henblik på at
 - vurdere omfanget af en opfugtning
 - vurdere årsagen til en opfugtning
 - vurdere behovet for at udtage repræsentative prøver
- følge en udtørring af en konstruktion
- vurdere om opfugtningen afhænger af årstiden
- vurdere hvilken renoveringsmetode der er den billigste og teknisk set bedste
- følge virkningen af en renovering eller sammenligne forskellige former for renovering.

Måleprincip

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 vil 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 **tællertallet**.

En kraftig variation af tællertallet 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.

Registreringer

Der optegnes en måleplan for selve den konstruktion, der skal gennemmåles. Målepunkterne organiseres i et netværk med målepunkter, således at antallet og spredningen af målepunkter svarer til opgaven. Der anvendes typisk et målepunkt pr. 5-25 m² for tagpaptage, pr. 1-10 m² for betongulve, 0,5-5 m² for vægge og fundamenter. Målingerne lægges mere eller mindre tæt afhængig af opgavens karakter og behovet i den konkrete undersøgelse.

Når målingerne er færdige, kan man, på en plan over det opmålte område, optegne kurver for tællertal af samme størrelse. Typiske vil det være for tællertal 10, 15, 20 osv.

Det absolutte vandindhold i konstruktionen kan, om nødvendigt, bestemmes ved at udtage 6-10 prøver i målepunkter, hvor tællertallene er målt, og derved kan sammenhængen mellem tællertallene og det absolutte vandindhold eller fx relativ luftfugtighed for den aktuelle konstruktion beregnes.

Resultat

Ud fra målingerne kan man optegne et **hydrogram**, der viser vandindholdets variation og arealmæssige udbredelse i konstruktionen, helt på samme måde som højdekurver på et landkort viser højden over havet, eller isobarer på et vejrkort, der viser lufttrykket.

Hydrogrammerne kan optegnes enten for tællertallene, for indholdet af vand i konstruktionen, eller for den relative luftfugtighed i materialet. Konstruktionen kan således opdeles i områder, der er tørre, fugtige, våde m.m.. Derved kan det vurderes om der findes utætte kloaker og vandrør, om der mangler fugtspærre i fundamenter, om der er utætheder i tagdækningen, og det kan vurderes, om der kan lægges gulv, eller om der kan males.

Med baggrund i disse målinger vil det normalt være muligt at vurdere konstruktionens tilstand, og hvorledes en renovering kan foregå teknisk set bedst og billigst.

Andre ND-målemetoder

Stort set alle andre ND-metoder (end TROXLER-SYSTEMET) til måling af vandindholdet i konstruktioner er meget upræcise og stort set altid mere vildledende end vejledende, da de er uhyre følsomme for salte og metaller i konstruktionerne, og deres følsomhed for vand tiltager voldsomt med formindsket afstand til vandet.

Dvs tælle-tallene kan blive meget høje for et tørt materiale med lidt fugt i overfladen, og tælle-tallene kan blive meget lave for et våd konstruktion, hvis vandet befinder sig mere end 20 – 50 mm inde bag overfladen.

- ❖ Enkelte, fx GANN-metoden, kan dog være nyttig i sammenhæng med TROXLER-systemet.

❖ Måling af fugtforhold i bygningskonstruktioner

Tagkonstruktioner

I flade uventilerede tage kan der være anseelige vandmængder i isoleringen, med op til 50-75 kg vand/m² svarende til en vandhøjde på 50-75 mm.

Ved udbedring af en utæt tagdækning, vil der ofte kunne stå anseelige mængder vand i isolering. Det vil kunne give anledning til dryp mange somre frem, når solen får vandet til at kondensere og derefter løbe til nærmeste utætheder.

Ved tagkonstruktioner kan hydrogrammer således angive de områder, hvor vandindholdet ligger fx mellem 0-2, 2-5, 5-10, 10-15 kg vand/m². Derved vil der ofte kunne fås en direkte visuel vurdering af, hvor der kan forventes utætheder, hvor isoleringen skal fornyes, og hvor fugtindholdet er uskadeligt.

Vægge

Våde vægge og fundamenter kan give problemer med skimmelsvampe, skader på overfladebehandling og overførsel af vand til trækonstruktioner.

Forudsætningen for, at der kan foretages en fornuftig udbedring af årsagerne til opfugtningen af væggene, er, at årsagen til opfugtningen kendes.

Hydrogrammerne vil normalt give et fingerpeg, om de sandsynlige årsager kan være opsugning af grundfugt, utætte kloaker, manglende fugtspærrer eller mangelfulde fuger.

Gulve

Ved lægning af fugtfølsomme belægninger skal underlaget/-gulvet være forholdsvis tørt.

Vandindholdet kan kontrolleres ved at udtage et passende antal prøver til at bestemme materialets fugtighed. For at opnå en vis statistisk sikkerhed, skal der dog udtages mange prøver.

Ved at udarbejde et hydrogram baseret på TROXLER målinger er der kun behov for et lille, men statistisk korrekt antal prøver til bestemmelse af det absolutte vandindhold eller den relative luftfugtighed. Derved kan det inden lægning af fugtfølsomme belægninger undersøges, om der er områder, hvor den relative luftfugtighed er større end fx 80-85%.

Ved opklaring af årsagerne til vandskader kan omkostningerne decimeres, når utæthederne i de indstøbte rør lokaliseres med et hydrogram.

Peter F. Collet
Civilingeniør

2009.11.13
pfc/ihm

Bilag 2

Plan med talletal

1/11

52	58	41	56	71	8	12	32	37
53	40	50	57	51	13	13	43	41
44	44	51	50	20	18	20	44	44
				31	15	14	50	44

BILAG 20

Wiederholungs II

Dampfer

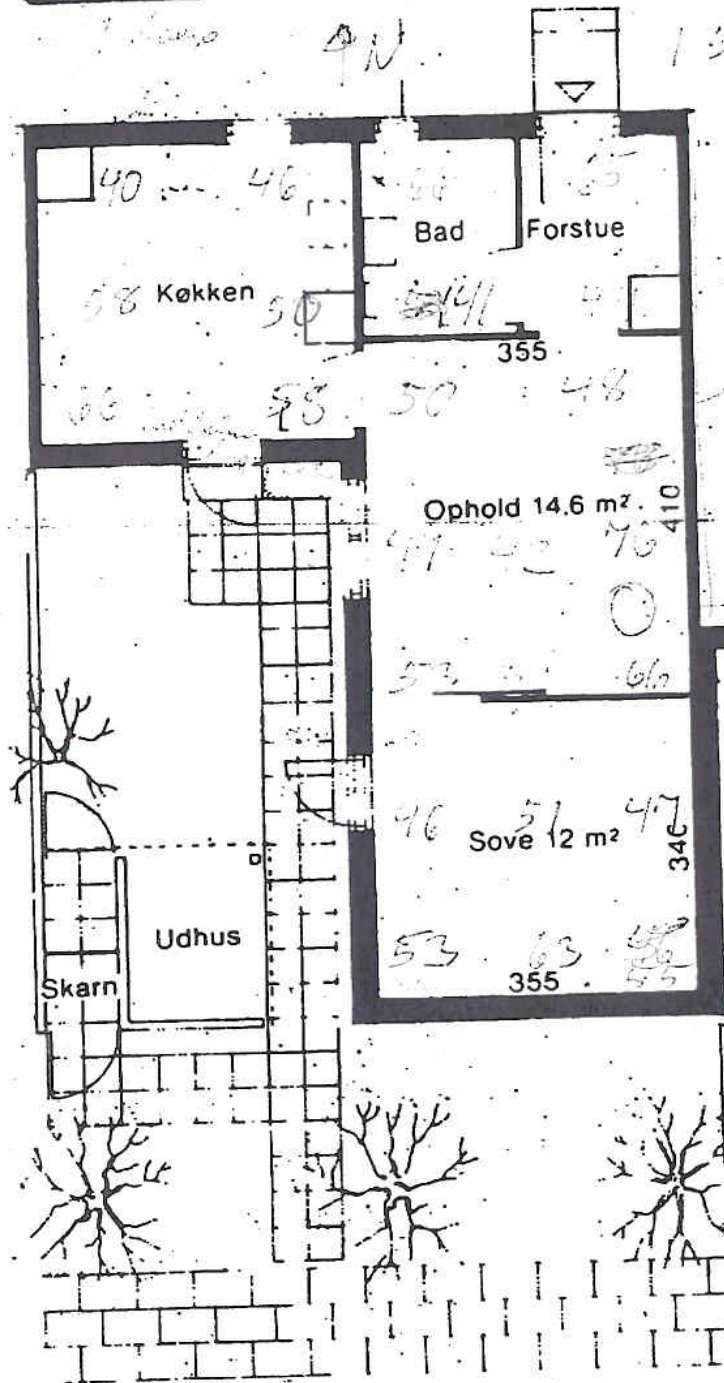
Siphon & Welle

Stippen & Stinke

Wasser

C1

2 rum 56 m²

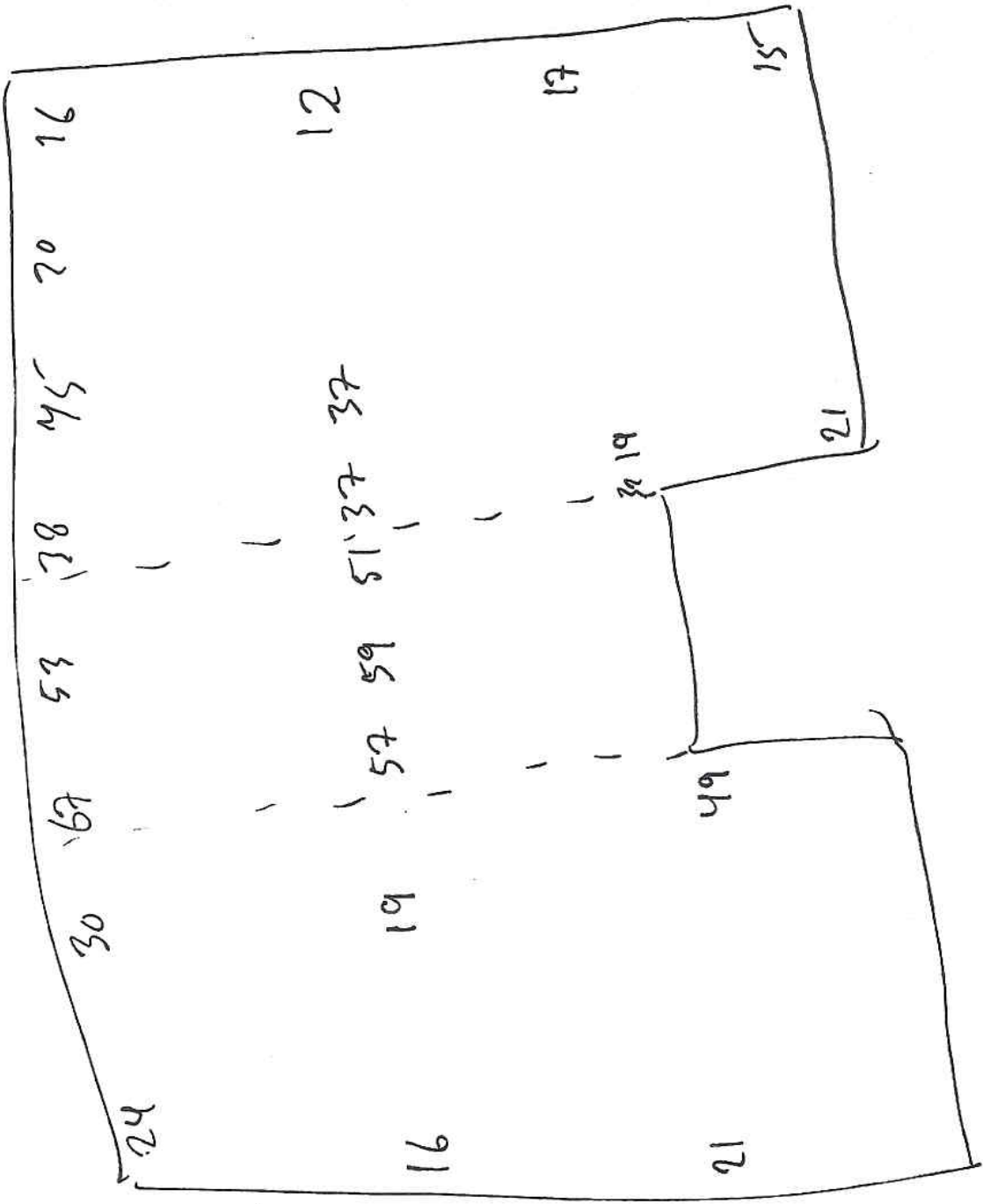


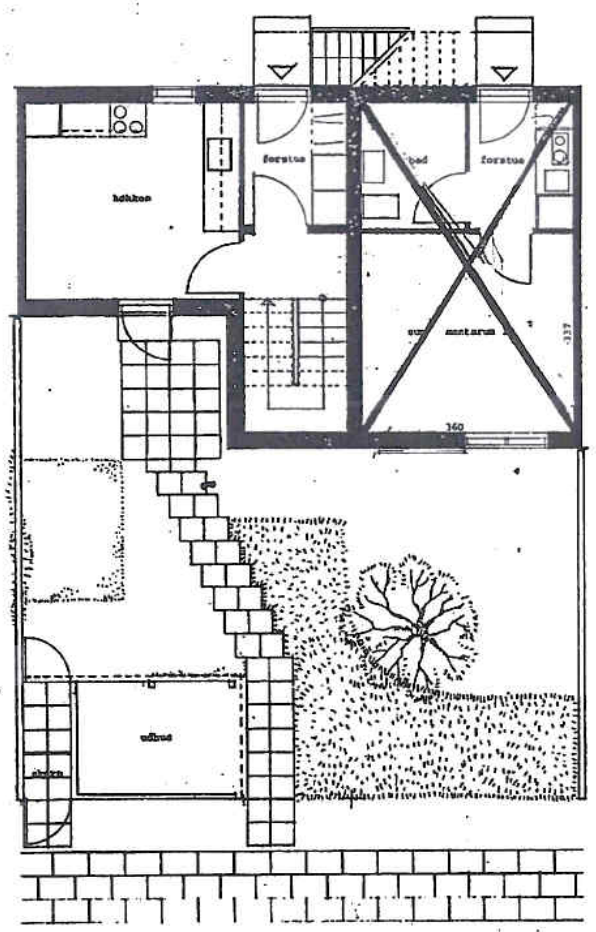
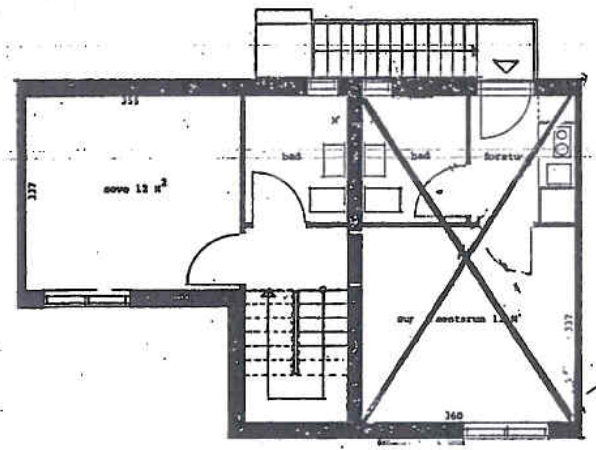
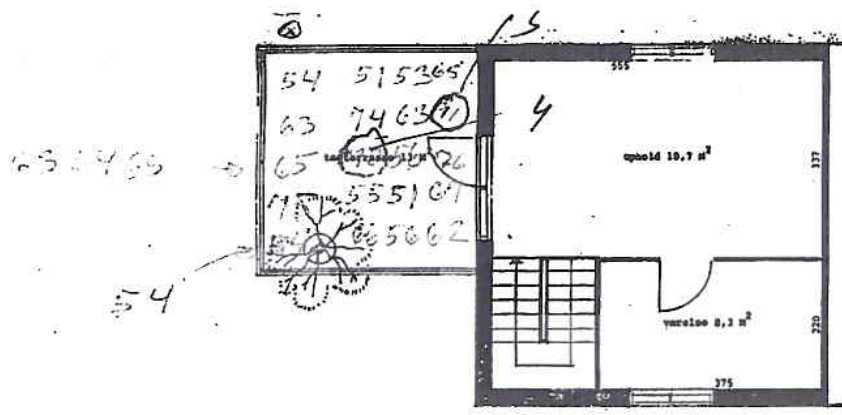
Tømme 15

Der gøres opmærksom på at der kan være foretaget ændringer i henhold til den gældende råderet i afdelingen. Det kan f.eks. være ændring af rumopdeling, ændring af køkken eller bad.

vend

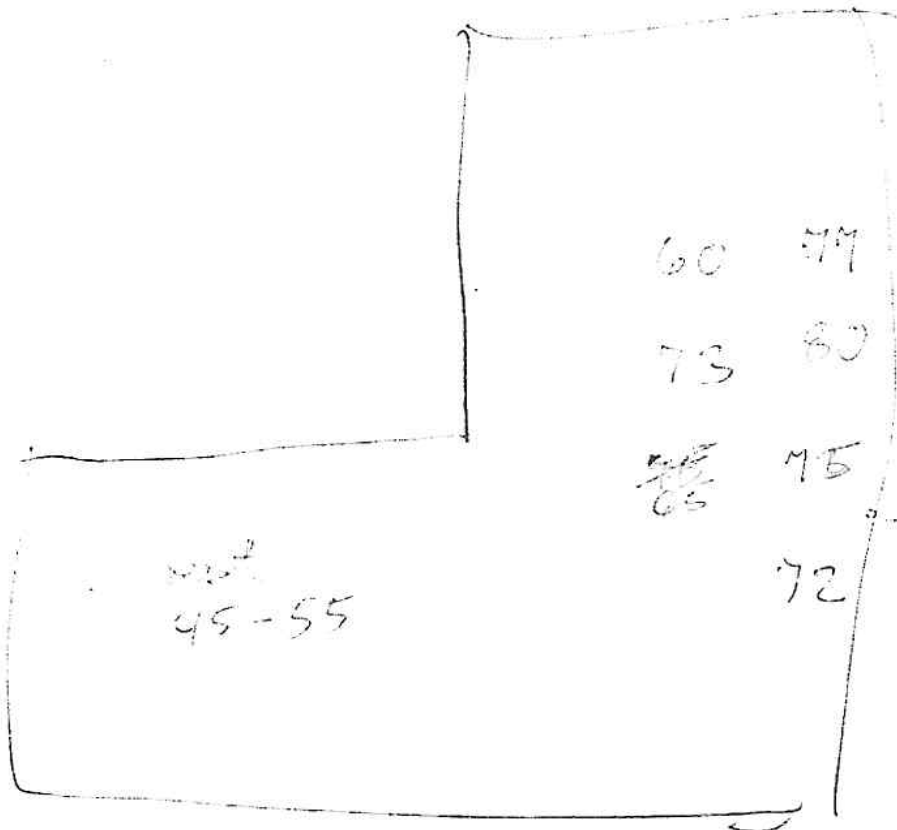
Alexis 4, 6





3 rum 90 m²

N.



50 m long on side line

Illigant
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...
 ...

...
 ... last partage

Stèle ...

oprettet
 individuelt skiffer
 og 3 indlagt værelse

38

N

43 52

43 39

21

15

38 34

47 ^{sove} 55 _{12 m²}

bad

værelse 7 m²

12

Indgang
 over
 rampen
 skive for ned til 1. sal

42 47

45 51

17 28

depot 21

→
 ned
 til
 1. sal

40-50

1. SAL

Skipper langens B



N

64 39

38 37

21

15

31 34

43 køkken 7 8

forstue

16

23

62 37

51 65

17

18,3 m²

21

sovoværelse

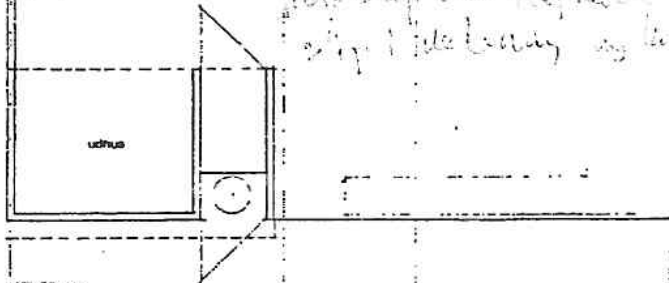
21

1. sal
 1. sal
 1. sal

Tovsskipper 11

1. sal
 1. sal
 1. sal

2. sal
 2. sal
 2. sal



1. SAL

A9

4 rum 95 m²

Sags-nummer	365570	Adresse Hyldebjergvej		skrå og fladt sammenhængende		betontag + polystyren		andet		Bemærkninger til resultater mm				
		PRØVE	Materiale	NETTO VÅD	NETTO VÅD	NETTO TØR	NETTO TØR	NETTO TØR	VAND		VÆGT % Vand	TROXLER tælletal		
1		19/4 KI 16	40.5	20/4 KI 11	33.0	kl 14 21/4	30.2	22/4 KL 16	28.9	27.4	13.1	48	63	Der er lidt bitumen på de fleste af emnerne, så vandprocenten i isoleringen er lidt højere end beregnet i tabellen
2			22.5		20.7		20.9		21.0	20.7	1.8	9	14	
3			105.7		80.8		68.0		60.0	43.0	63	146	91	
4			42.5		37.4		35.8		35.4	35.0	7.5	21	75	

Vandindholdet er bestemt ved 55 °C, således at isoleringen og bitumen ikke dekomponerer, da vandafgivelsen derved bliver forholdsvis langsom varer det op i mod 3 uger at bestemme vandindholdet.