

# *FUNDERING AF TILBYGNING AF STRØYBERGS PALÆ*

---



P2 PROJEKT - MODELLERNES VIRKELIGHED  
GRUPPE B149  
BYGGERI & ANLÆG  
AALBORG UNIVERSITET  
D. 27. MAJ 2015





**AALBORG UNIVERSITET**  
STUDENTERRAPPORT

Første Studieår v/ Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet  
Byggeri og Anlæg  
Strandvejen 12-14  
9000 Aalborg  
<http://www.tnb.aau.dk>

**Titel:**

Synopsis:



**Projekt:**

P2-projekt: Modellernes virkelighed

**Projektperiode:**

Februar 2015 - Maj 2015

**Projektgruppe:**

B149

**Deltagere:**

Jacob Scharling Jørgensen  
Karoline Vestergaard Hansen  
Katrine Nørgaard Reberholt  
Marc Lund Nielsen  
Michael Elgaard Mortensen  
Morten Rask Jensen  
Nikolaj Skov Gravesen

**Vejledere:**

Katrine Rabjerg Meltofte  
Gitte Lyng Grønbech  
Johan Clausen

**Oplagstal: 9**

**Sidetal: 79**

**Bilag: 4**

**Afsluttet 27-05-2015**

*Rapportens indhold er frit tilgængeligt, men offentliggørelse (med kildeangivelse) må kun ske efter aftale med forfatterne.*



# Forord

---

Denne rapport er udarbejdet af gruppe B228, der er en gruppe af 1. semesters studerende på Byggeri og Anlæg-uddannelsen ved Aalborg Universitet. *Model og Virkelighed* er det overordnede tema for projektet. Projektet omhandler den nye cykel/gangbro ved Jernbanebroen, som går mellem Aalborg og Nørresundby. Aalborg kommune har bevilget penge til broen, og projektet forventes færdigt indenfor de næste år.

Der rettes stor tak til vejleder Jannie Sønderkær Nielsen for vejledning og konstruktiv kritik. Endvidere rettes en stor tak til byrådsmedlem Jens Toft Nielsen for interview og rådgivning omkring den kommende Kulturbro, hvilken i dette projekt betegnes cykel/gangbro. Tak til personerne der har taget sig tid til at besvare spørgeskemaet. De samlede beregninger kan findes på hjemmesiden [www.markhaurum.com](http://www.markhaurum.com), da der kun vil findes eksempler og korte uddrag af beregningerne i rapporten.

## Læsevejledning

Der vil igennem rapporten fremtræde kildehenvisninger, og disse vil være samlet i en kilde liste bagerst i rapporten. Der er i rapporten anvendt kildehenvisning efter Harvardmetoden, så i teksten refereres en kilde med [Efternavn, År]. Denne henvisning fører til kildelisten, hvor bøger er angivet med forfatter, titel, udgave og forlag, mens Internetsider er angivet med forfatter, titel og dato. Figurer og tabeller er nummereret i henhold til kapitel, dvs. den første figur i kapitel 7 har nummer 7.1, den anden, nummer 7.2, osv.

---

Jacob Scharling Jørgensen

Karoline Vestergaard Hansen

Katrine Nørgaard Reberholt

---

Marc Lund Nielsen

Michael Elgaard Mortensen

Morten Rask Jensen

---

Nikolaj Skov Gravesen



# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1 Indledning</b>	<b>1</b>
<b>Kapitel 2 Problemformulering</b>	<b>3</b>
2.1 Problemformulering og problemstillinger . . . . .	3
2.2 Problemafgrænsning . . . . .	3
<b>Kapitel 3 Aalborg i vækst</b>	<b>5</b>
3.1 Aalborg gennem tiden . . . . .	5
3.2 Strøybergs Palæ . . . . .	6
<b>Kapitel 4 Et fremtidigt Aalborg</b>	<b>9</b>
4.1 Kommuneplan . . . . .	9
4.2 Aalborg Kommuneplan . . . . .	10
4.2.1 Aalborg Vækstakse . . . . .	11
4.3 Vækstaksens betydning . . . . .	13
4.3.1 Er visionerne realistiske? . . . . .	13
4.3.2 Hvorfor udvide Strøybergs Palæ? . . . . .	15
<b>Kapitel 5 Udvikling af området</b>	<b>17</b>
5.1 Lokalplan . . . . .	17
5.2 Lokalplan 1-1-107 . . . . .	18
5.2.1 Fra gammel til ny lokalplan . . . . .	20
5.3 Delkonklusion . . . . .	21
<b>Kapitel 6 Dimensionering af stålprofiler</b>	<b>23</b>
6.1 Laster . . . . .	25
6.1.1 Permanent last . . . . .	25
6.1.2 Variable laster . . . . .	30
6.1.3 Nyttelast . . . . .	41
6.2 Lastkombinationer . . . . .	41
<b>Kapitel 7 Stål</b>	<b>43</b>
7.1 Reaktionskræfter . . . . .	43
7.2 Snitkræfter . . . . .	43
7.3 Spænding . . . . .	44
7.4 . . . . .	44
<b>Kapitel 8 Geoteknik</b>	<b>45</b>
8.1 Jord . . . . .	45
8.1.1 Beskrivelse af jord og jordtyper . . . . .	45
8.1.2 Jordtypernes udseende og dannelse . . . . .	45
8.1.3 Jords styrke og stivhed . . . . .	46

8.2 Fundering . . . . .	47
8.3 Antagelser . . . . .	48
8.4 Forsøg . . . . .	48
8.4.1 Forsøg 1: Vandindhold . . . . .	49
8.4.2 Forsøg 2: Sigteanalyse . . . . .	49
8.4.3 Forsøg 3: Kornvægtfylde . . . . .	51
8.4.4 Forsøg 4: Løs og fast lejring . . . . .	52
8.4.5 Friktionsvinklen . . . . .	53
<b>Kapitel 9 Konklusion</b>	<b>55</b>
<b>Litteratur</b>	<b>57</b>
<b>Appendiks A Forsøg: Vandindhold</b>	<b>61</b>
<b>Appendiks B Forsøg: Sigteanalyse</b>	<b>63</b>
<b>Appendiks C Forsøg: Kornvægtfylde</b>	<b>65</b>
<b>Appendiks D Forsøg: Løs og fast lejring</b>	<b>67</b>

# Indledning 1

---

Aalborg Kommune er med et indbyggertal på over 205.000 og et areal på cirka 1,140km<sup>2</sup>, landets fjerdestørste kommune målt på indbyggertal ???KILDE! og landets anden største kommune målt på areal ???KILDE. Det område, som Kommunen dækker, er vist på Figur 1.1.



**Figur 1.1.** Aalborg Kommune

Aalborg er en tidligere industriby og førhen var industriområderne placeret i Aalborg Centrum. Nye planer for Aalborg har ført denne industri ud i nogle yderpunkter af Aalborg by. Derfor har kommunen nye visioner om at flytte kultur, studieliv og turisme ind, hvor der før var industri. Kommunens visioner omkring byens udvikling fremgår af Kommuneplanen, hvor det primære fokus i denne rapport vil være et område gennem Aalborg, der er tiltænkt mest vækst, dette betegnes som Vækstaksen (se Figur 4.1).

Indenfor de seneste 10 år har Aalborgs centrale havnefront gennemgået en stor udvikling. Denne er stadig i gang, hvilket ses ved, at der kommer flere boligbyggerier til havnen, som Strøybergs Palæ er en del af.

Det har siden år 2010 været på tale, at lave en tilbygning til den bevaringsværdige bygning, Strøybergs Palæ. Hovedbygningen af Strøybergs Palæ er fra år 1900 [Kulturstyrelsen, b], mens sidebygningen er fra år 1908 [Kulturstyrelsen, c], beliggende centralt i Aalborg ved

Slotspladsen, der er en cirka 200 m vejstrækning og plads ved Aalborgs centrale havnefront, samt i nærheden af museet Utzon Centret og overfor shoppingcentret Friis. Figur 1.2 viser Strøybergs Palæs beliggenhed i Aalborg.



**Figur 1.2.** Strøybergs Palæs beliggenhed

Når der skal anlægges nye arealer, bygninger, veje osv., skal det opføres i henhold til en lokalplan, der dækker et mindre område inden for kommunen, og har til formål at styre udviklingen indenfor dette område ved hjælp af fastlagte regler og målsætninger. Den gældende lokalplan for området ved Strøybergs Palæ er lokalplan 1-1-107.

# **Problemformulering** 2

---

## **2.1 Problemformulering og problemstillinger**

bla bla

- Hvad gør det fordelagtigt at tilbygge i området omkring Strøybergs Palæ?
- Har Vækstaksen en betydning for tilbygningen af Strøybergs Palæ?

## **2.2 Problemafgrænsning**

bla bla



# Aalborg i vækst 3

---

Aalborg har stor fokus på udviklingen af byen, og flere centrale områder i byen har indenfor de seneste fem år gennemgået en større renovering og fornyelse. Følgende afsnit vil beskrive byens udvikling helt tilbage fra dens grundlæggelse og frem til i dag, da Vækstaksen yderligere vil ændre på Aalborgs identitet som tidligere industriby. Slutteligt vil en af Aalborgs gamle og bevaringsværdige bygninger, Strøybergs Palæ, beskrives, da der er planer om en udvikling af denne bygning i form af en tilbygning.

## 3.1 Aalborg gennem tiden

Aalborg er en by fra omkring år 1040, og er i dag Danmarks fjerde største by [Danske, 2014]. Byen har gennem årene udviklet sig til en købstadsby og handelscentrum for Nordjylland [for Byhistorie]. Dette grundet dens beliggenhed ved Limfjordens smalleste punkt og udmundingen af tre større åer, der var grundlag for små havne. Beliggenheden har gjort det muligt for Aalborg, at udvikle sig i størrelse og som by. I 1500-tallet nød byen godt af silde- og kornekspedition til Norge, samt studeeksport til Tyskland [for Byhistorie]. Da Limfjorden var sandet til, skulle alt eksport vest for Aalborg gå gennem Aalborg for at blive fragtet til Norge og andre steder. Aalborg fik velstand og flere indbyggere der i 1600-tallet nåede op på omkring 4.000 indbyggere [Dansk Center for Byhistorie]. På daværende tidspunkt blev Aalborg Danmarks andenstørste by. Dette varede ikke ved, da andre jyske byer blev prioriteret højere af kongen, og derved udviklede de sig mere eksponentielt i det kommende århundrede end Aalborg. Det, at Limfjorden brød igennem på vestsiden og Danmark mistede Norge, gavnede heller ikke Aalborgs position i forhold til handlen [Dansk Center for Byhistorie].

Til trods for dette fortsatte Aalborg alligevel med at udvikle sig, og 1800-tallets industrialisering fik indbyggertallet til at stige stødt. Fra 1830'erne flyttede flere industrier til Aalborg, heriblandt spritfabrikken (forløberen for De Danske Spritfabrikker) og C.W Obels Tobaksfabrik. De store kridt- og lerfund i undergrunden ved Aalborg lagde grunden for cementindustrien, hvor Aalborg Portland, som den største cementfabrik, alene beskæftigede 450 ansatte. Mange flere industrier blev grundlagt eller flyttede til Aalborg, og en del af disse var blandt landets største inden for deres område. Dette fik indbyggertallet til at stige gennem en cirka 50-årig periode til 30.000. Det var ikke kun indbyggertallet der steg. For at Aalborg by skulle kunne følge med eksporten, som også dengang hovedsageligt foregik via skibsfragt, udvidede byen havnen, som i starten af 1900-tallet blev Danmarks næststørste havn [for Byhistorie].

Befolkningsstallet er siden 1990'erne vokset, og er i dag stadig stigende [Dansk Center for Byhistorie]. Dette er resultatet af, at Aalborg har udviklet sig fra at være en industriby til at være en kompetenceby [Kommune, 25.11.2013b]. Hovedårsagen til denne udvikling er,

at størstedelen af industrien, som Aalborg var kendt for at have inde i centrum af byen, og som var hoveddelen af identiteten af Aalborg, er flyttet til yderkanterne af byen. I stedet er der nu fokus på at have et levende Aalborg, som skal kendes for at være en kompetenceby [Kommune, 25.11.2013b].

Havnefronten på Aalborgs side af Limfjorden er blevet et nøglepunkt for Aalborg Kommune, da denne tidligere var fyldt med fabrikker. Der er siden år 2000 foretaget mange ændringer ved havnefronten for at gøre Aalborg mere attraktiv og give den en ny identitet som byen for kompetence og innovation [A/S et al., 2009].

Disse ændringer har blandt andet været, at dele af den industri, som lå ved havnefronten, er flyttet ud af det centrale Aalborg og ud til mere fremkommelige steder [Kommune, 25.11.2013b]. Dette har givet plads til et område med mere servicehverv. Denne type erhvervsområde gør det også muligt at opføre boliger i området, da der ikke vil være de samme støjgener, som der ville komme fra et industriområde. Denne udvikling fik muligheden for at tage fart, efter der blev lavet en ændring i planloven den 1. juli 2003, der ændrede bestemmelserne for byomdannelse. Denne ændring gjorde det muligt for kommunerne at omdanne tidligere industriområder til blandt andet servicebygninger og boligområder [Johansen og Mathiasen, 2004]. En del af denne udvikling har været bebyggelsen af flere forskellige kollegieboliger som for eksempel Bikuberne ved Utzon Parken og Larsen Waterfront. Disse boliger ligger tæt op ad nogle nye kulturelle bygninger som Utzon Centeret og Musikkens Hus, samt Nordkraft, som tidligere var et kulkraftværk, men i dag er omdannet til et kulturhus med mulighed for både sport og kulturelle oplevelser. Disse byggerier viser den udvikling, som Aalborgs centrale havnefront gennemgår fra industriområde til boligområde. Havnefronten er i en stadig udvikling, da der fortsat kommer flere boligbyggerier til. Det har også givet anledning til tilbygninger, her i blandt en kommende tilbygning til den bevaringsværdige bygning Strøybergs Palæ, der ligger ved havnefronten [Kommune, b].

### 3.2 Strøybergs Palæ

Lokalplan 1-1-107 har opdelt området, omfattende Strøybergs Palæ, i to delområder. Delområde A med matrikelnummer 518g omfatter den bevaringsværdige sidebygning til Strøybergs Palæ, og delområde B med matrikelnummer 519b omfatter den bevaringsværdige hovedbygning til Strøybergs Palæ [Kommune, Oktober 2012, s. 7]. Hovedbygningen ligger på Gammel Havn 1, og er fordelt på stueetage, 1. sal, 2. sal samt kælder og tagetage, mens sidebygningen ligger på Nyhavnsgade 9 og er fordelt på stueetage, 1. sal, 2. sal og 3. sal samt kælder og tagetage. Ejendommen er op til 22 m høj og har et samlede grundareal på 1037 kvm [Forvaltning, 1908-2015].

Strøybergs Palæ er siden opførelsen blevet anvendt til mange forskellige formål. Nyhavnsgade 9 blev opført som en ejerlejlighedsejendom, opdelt i ni ejerlejligheder af forskellig størrelse, og Gammel Havn 1 blev på daværende tidspunkt primært brugt til erhverv. Kælderen blev i år 1920 omdannet fra hestestald til garage, og er derudover blevet brugt som lager [Forvaltning, 1908-2015]. I dag bliver Strøybergs Palæ hovedsageligt anvendt til erhverv, og huser blandt andet ejendomsmæglerfirmaet EDC Danebo.

Siden år 2010 har det været på tale, at lave en tilbygning til Strøybergs Palæ, og omdanne bygningen til lejligheder med udsigt over Limfjorden [A/S, 2008]. I den forbindelse blev

lokalplan 1-1-107 udarbejdet med et ønske om at lave denne tilbygning. Området ønskes hovedsageligt anvendt til kontor- og serviceerhverv samt boligformål [Kommune, Oktober 2012, s. 7].



# **Et fremtidigt Aalborg**

**4**

---

Nedenstående afsnit vil behandle Aalborgs kommuneplan med primært fokus på Aalborgs Vækstakse, der er ét af fem hovedpunkter i kommuneplanen. En beskrivelse af de fire resterende fokuspunkter vil give en forståelse for, at kommunen har flere tanker om byens udvikling, og alle fem fokuspunkter har relevans for hinanden og gavner til byens udvikling.

## **4.1 Kommuneplan**

En kommuneplan er kommunens overordnede plan for kommunens udvikling. Inden for en periode på 12 år fastlægger kommunen de overordnede mål og retningslinjer for kommunens udvikling såvel i byerne som i det åbne land [Aalborg Kommune, 25.11.2013a].

En kommuneplan består af; en hovedstruktur, retningslinjer, kommuneplanrammer, bilag og tilhørende planredegørelse.

Hovedstrukturen er den overordnede, strategiske og sammenfattende fysiske plan for kommunen. Den fastlægger de overordnede mål for udviklingen inden for de enkelte sektorer for hele kommunen og for de enkelte områder [Aalborg Kommune, 25.11.2013a].

Retningslinjerne udgør de overordnede rammer for kommuneplanlægningen. De fastsætter principperne for arealanvendelsen i kommunen, og danner ligeledes grundlag for kommunens administration af planlovens landzonebestemmelser, samt administrationen af kompetencer indenfor anden lovgivning, herunder natur-, miljø-, bygge- og vejlovgivningen og husdyrloven. Retningslinjerne angiver sammen med områdeudpegningerne hvilke forhold, der skal tages hensyn til i administrationen, og hvilke konkrete skøn der skal foretages for disse områder [Aalborg Kommune, 25.11.2013b].

Kommuneplanrammerne styrer den overordnede arealanvendelse og danner ramme for indholdet i nye lokalplaner. Planrammerne fastlægger dermed mål, muligheder og begrænsninger for arealanvendelse i de enkelte dele af kommunen. Kommuneplanrammerne har to niveauer: 1) by/bydel/landområde og 2) rammeområder. Det første niveau "by/bydel/landområde", behandler områdets særlige problemer, værdier og muligheder i en sammenhæng. Det andet niveau "rammeområder", er det mest detaljerede niveau i kommuneplanen rent geografisk. Her fastsættes de bestemmelser, der danner grundlag for lokalplaner [Aalborg Kommune, 31.12.2006b].

Bilag er de generelle rammebestemmelser, hvor der henvises til de aktuelle bilag fra de enkelte emner [Aalborg Kommune, 23.11.2009].

Planredegørelser beskriver forudsætninger for, og ændringerne i den konkrete planlægning. Byrådet offentliggør, sammen med alle kommuneplanforslag eller med forslag til kommune-

plantillæg<sup>1</sup>, en redegørelse om planens baggrund og sammenhæng med anden planlægning. Kommuneplanen ledsages også af en planredegørelse og planstrategi, hvilken laves minimum hvert fjerde år i tilknytning til kommunens budget. Denne er byrådets instrument og baner vejen for at realisere kommuneplanens mål. Her oplyses blandt andet om kommuneplanens væsentlige forudsætninger, planlægninger der er gennemført det forgangne år, det kommende års kommuneplaninitiativer samt byrådets vurdering af og strategi for udviklingen for både det kommende år (budgetåret), de kommende fire år (overslagsårene) og en længere periode på 12 år. Desuden laves der jævnligt statusredegørelser, som giver et overordnet billede af kommunens fysiske udvikling og præsenterer de økonomiske tiltag, der knytter sig til kommunens sektorer og geografiske områder [Aalborg Kommune, 31.12.2006a].

## 4.2 Aalborg Kommuneplan

Aalborg Kommuneplan beskriver kommunens udvikling inden for de 12 kommende år og er opdelt i fem fokuspunkter:

1. Byerne - et godt sted at bo hele livet
2. Nødvendige forbindelser - mobilitet
3. Det åbne land
4. Bæredygtighedsprofil
5. Aalborg - den attraktive storby

Et af Aalborg Kommuneplans fem fokuspunkter er "Byerne - et godt sted at bo hele livet". De større byer under Aalborg Kommune har, i kraft af nærheden til Aalborg, en god infrastruktur, et varieret serviceudbud samt tilstrækkeligt befolkningsunderlag. Det er et særligt potentiale for byvækst, der skal udnyttes for at understøtte Aalborg som Norddanmarks Vækstdynamo.

Byvæksten skal have særligt fokus på nye, kreative boligformer, som tilgodeser klimaudfordringer, demografiske udfordringer og bæredygtighed.

Ikke kun de større byer nær Aalborg har en væsentlig rolle i projektet. Mindre byer og landsbyer er også i fokus, og har en særlig rolle som opland til Aalborg med store kvaliteter indenfor bosætning, rekreation og friluftsliv [Kommune, 25.11.2013a].

Et andet af Aalborg Kommuneplans fem fokuspunkter er "Nødvendige forbindelser - mobilitet". Dette fokuspunkt omhandler byens behov for forbindelser, der kan håndtere transportbehovet og gøre det mere attraktivt at benytte offentlig transport såsom bus og tog, samt at tage cyklen, da Aalborg Kommune har en målsætning om at blive Danmarks førende cykelby. Kommunens mål er færre bilkøer, god adgang til indkøb, service og arbejdspladser samt sikring af forbindelser, der understøtter en effektiv godstransport. Derudover satser Aalborg på en letbane som det bærende element i byen [Kommune, 25.11.2013d].

Fokuspunktet "Det åbne land" omhandler benyttelsen og beskyttelsen af det åbne land.

<sup>1</sup>Opstår der problemer med at realisere en lokalplan ud fra kommuneplanen, så anvendes der et kommuneplantillæg, som er et supplement til den eksisterende kommuneplan. Denne kan justere og ændre bestemmelserne i kommuneplanen, for at gøre det muligt at realisere lokalplanen [Kommune, c].

Dette skal ske på et bæredygtigt grundlag med plads til oplevelser, natur, erhvervsinteresser og vedvarende energi. Det åbne land skal danne ramme om levende og aktive områder [Kommune, 25.11.2013c].

Aalborg Kommune har også stor fokus på bæredygtighed og har dertil punktet "Bæredygtighedsprofil". Udviklingen af et bæredygtigt samfund omhandler flere punkter, såsom at passe på miljøet, klimaet og naturen, om at bygge byer for mennesker og om at få det bedste ud af den nuværende økonomiske virkelighed. En bred tilgang til bæredygtighed er derfor udgangspunktet [Kommune, 25.11.2013e].

#### 4.2.1 Aalborg Vækstakse

Det femte og sidste fokuspunkt i Aalborgs kommuneplan er "Aalborg - den attraktive storby". Dette fokuspunkt indeholder yderligere tre punkter; vækstaksen som byens motor, byudviklingsprincipper for Aalborg og fokus på bykvalitet.

Aalborg Kommune har valgt at koncentrere sig om et vækstbånd, kaldet Vækstaksen, som skal danne grundlag for Aalborgs udvikling, hvor der er fokus på det generelle udviklingsprincip [Kommune, 25.11.2013b]. Området går fra Aalborg Lufthavn i vest, gennem midtbyen, til Campus og videre ud til østhavnen, hvilket illustreres på Figur 4.1.

Blandt Vækstaksens mest centrale elementer er færdiggørelsen og videreudviklingen af en række større områder i Aalborg, som for fremtiden skal være med til at skabe Aalborg som storby og præge dens identitet. Gennem disse færdiggørelser vil bykvaliteten øges, og byen vil blive mere attraktiv. Der lægges derfor stor vægt på arkitektoniske overvejelser samt historiske skulpturer og monumenter, når der skal bygges og renoveres [Kommune, 25.11.2013b].

Her har havnefronten, som et af de første områder, gennemgået en stor renovering, hvor der er etableret både Aalborg Havnebad, Jomfru Ane Parken og sportsfaciliteter. Derudover blev Tivoli Karolinelund fjernet i 2011, og i 2012 åbnede en ny Karolinelund park, som nu danner ramme for mange forskellige nichekulturer, såsom koncerter, Platform 4, legepladser og meget mere, og parken er fortsat under udvikling [VisitAalborg, a] [VisitAalborg, b].

Aalborg er gennem renoveringen af den nye havnefront også vokset som kulturbyp, og i dag er kultur blevet en bærende del af byen, hvor der findes KUNSTEN Museum, Aalborg Kongres & Kultur Center, Nordkraft samt det nye Musikkens Hus, der åbnede i 2014, hvor der hver uge afholdes forskellige koncerter og andre arrangementer. Dette er altsammen med til at styrke Aalborg som vækstby og byens erhvervsturisme [Kommune, 25.11.2013b]. Ligeledes er der planer om en ny kulturbro på Jernbanebroen, som også skal være med til at styrke kulturen i Aalborg og Aalborg Kommune. Ved at styrke kulturen styrkes bykvaliteten også, og byen bliver en levende by, hvor det er muligt at binde shopping, café og kulturliv sammen [Aalborg] [VisitAalborg, c].

Den gamle Eternitgrund i Aalborg havde i en lang årrække stået ubrugt hen, men gennem de sidste fem år er der etableret både studieboliger, supermarkeder, fitnesscenter og et nyt legeland for børn. Virksomheder som Plus Bolig og COWI er ligeledes flyttet ned på Eternitten, og i dag er Eternitten blevet en stor drivkraft for Aalborg, hvor der fortsat er fremtidige planer om grønne arealer også [Kommune, a].

Projektet om Vækstaksen er i fuld gang, og inden for den nærmeste fremtid skal også Godsbanearalet og det østlige Aalborg udvikles, for at øge oplevelsesmulighederne, kulturtildelene og skabe attraktive og bæredygtige livsvilkår her. Det er dog ikke kun nybyggerier, som Vækstaksen har fokus på. For Aalborg Kommune er det også vigtigt, at vedligeholde de gamle bygninger, for at opretholde byens historisk identitet [Kommune, 25.11.2013b].



**Figur 4.1.** Aalborgs Væsktakse [Kommune, 25.11.2013b]

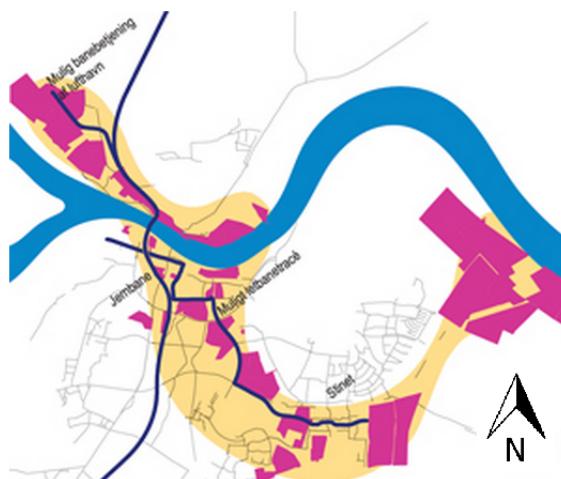
Vækstaksen skal være attraktiv for alle aldersgrupper og skal derfor have noget at tilbyde hver enkelte borgere, og skal ligeledes være med til at skabe oplevelsesmuligheder og kulturtildel.

En stor del af planerne for Vækstaksen er byfortætning, mobilitet, studieby og miljø [Kommune, 25.11.2013b]. Der er i Aalborg Kommune stor udviklingspotentiale inden for byfortætning. På Figur 4.2 ses udviklingspotentialet i Vækstaksen. De lilla markerede områder er der hvor Aalborg Kommune har bedst udviklingspotentiale [Kommune, 25.11.2013b].

Dette udviklingspotentiale er i form af tilbyggelse og omdannelse af boliger, arbejdspladser og naturområder. Byfortætning kan resultere i en meget presset infrastruktur, derfor er mobilitet et essentielt punkt for optimering af byens potentiale [Kommune, 25.11.2013b]. Det er vigtigt, at der er let og hurtigt adgang til offentlig transport, og det skal gøres mere attraktivt, at tage cyklen. Målet er, at få en stor by til at opfattes som en "lille by", ved at gøre transport lettilgængelig og derfor nemt at komme fra bydel til bydel. Infrastrukturen vil styrkes blandt andet via en cykelmotorvej samt en kommende letbane, som skal forbinde Østhavnen, Campus, det kommende superhospital i Aalborg Øst, midtbyen og ud til Aalborg Lufthavn [Kommune, 25.11.2013b].

Ved Vækstaksens to endepunkter ligger Aalborgs største industriområder, Aalborg Østhavn og Aalborg Lufthavn. Disse industriområder er kommet til, efter industrifirmaer er begyndt at flytte fra havnefronten og ud til yderkanten af Vækstaksen. Trods denne flytning forbliver Aalborg en erhvervsby samtidig med, at den gradvist omdannes til en studieby. De store industrifirmaer er stadig vigtige for Aalborg, da de er med til at skabe omsætning og arbejdspladser [Kommune, 25.11.2013b].

Da Aalborg gradvist omdannes til en studieby, er det vigtigt, at der i Vækstaksen støttes op om Aalborgs studieliv og studiemiljø, da 10% af Aalborg Kommunes befolkning be-



**Figur 4.2.** Udviklingspotentiale [Kommune, 25.11.2013b]

står af studerende [Universitet]. Et godt studiemiljø vil styrke innovation, konkurrence og vækst i erhvervslivet. Det er nødvendigt med gode uddannelsesmuligheder, faciliteter samt ungdomsboliger til de studerende, hvilket også vil gøre det attraktivt for udefrakommende at studere i Aalborg. Centrum for studielivet i Aalborg udspringer fra Campus i Aalborg Øst, hvor størstedelen af de videregående uddannelser findes [Kommune, 25.11.2013b].

Aalborg Kommune ønsker også at udvikle byens natur og udendørsliv. Til at opnå dette vil kommunen opføre parker, stasisystemer og vandløb. Vandløbene vil give byen historisk identitet, samtidig med at de vil beskytte byen under eventuel øget vandstand, da de kan forsinke vandet [Kommune, 25.11.2013b]. Formålet med parkerne og et naturrigt Aalborg er at skabe et sundhedsfremmende forhold for alle aldersgrupper og beskytte klimaet. Desuden vil Aalborg Kommune gøre Aalborg til en miljøvenlig storby, som antages at gøre byen mere attraktiv, og dermed øge indbyggertallet. Derfor vil Aalborg Kommune genoprette naturen og give velfærd til byens borgere [Kommune, 25.11.2013b].

## 4.3 Vækstaksens betydning

Formålet med Vækstaksen er, at styrke Aalborg som by, og der er en forventning fra Aalborg Kommune om, at byen bliver Nordjyllands Vækstdynamo, men er dette realistisk? Nedenstående afsnit vil stille spørgsmålstege ved Vækstaksen, og diskutere, hvilken sammenhæng Strøybergs Palæ og Vækstaksen har med hinanden. I den forbindelse vil der diskuteres, hvorfor der ønskes en tilbygning, og hvorfor det netop er i dette område, det er fordelagtigt at udvide.

### 4.3.1 Er visionerne realistiske?

Vækstaksen er placeret således, at den går gennem Aalborgs centrale områder for kultur, uddannelse, erhverv og miljø. Aalborg Kommune ønsker at etablere en god infrastruktur, som den kommende Letbane for eksempel skal hjælpe med [Kommune, 25.11.2013b]. Det er fordelagtigt at udvide samt udvikle i Vækstaksen, da områderne samt virksomhederne er drivkraften for Aalborg [Aalborg, 2014a], og det er her, at byens liv er, og fremtiden skal skabes. Selvom områderne i dag fungerer som drivkraft, skal disse stadig videreudvikles,

da Aalborg er en by i stor vækst, hvilket afspejles af både stigende indbyggertal og antal virksomheder, som flytter til og skabes i Aalborg [Statistik][Junker]. Derfor kan Aalborg Kommune ikke blot stille sig tilfreds med de nuværende tilstande, da byen skal udvides, for at være forberedt på fremtiden; ellers er der ikke plads til udviklingen, og den vil bremses, gå helt i stå eller i værste fald gå den anden vej.

Udviklingen af byen vil primært ske gennem en byfortætning, da de centrale områder allerede i dag er fyldt med liv samt kultur, erhverv og uddannelse. Der er altså ikke tale om store udvidelser af områderne, men snarere optimeringer af de allerede eksisterende områder, og derfor kan infrastrukturen opleve problemer.

I takt med at indbyggertallet stiger kan det formodes at antallet af biler vil stige. Derfor kan spørgsmålet stilles, om det er realistisk med en fortætning af byen samtidig med, at Aalborg Kommune har en målsætning om, at det skal være let at færdes i byen som fodgænger, cyklist og med offentlig transport [Kommune, 25.11.2013b]. Dette afspejler sig i trafikken omkring Nyhavnsgade, som strækker sig fra Nordkraft forbi Strøybergs Palæ og videre langs med havnefronten. Her er vejen ændret fra en 4-sporet vej til en 2-sporet. Derfor er antallet af bilister næsten halveret, fra 20.500 (ÅDT) til 11.000 (ÅDT), og hastigheden er sænket [Kommune, Oktober 2012, s. 6]. Selvom Aalborg Kommune har sænket antallet af bilister omkring centrum, så vil en udvikling af byen og et øget indbyggertal betyde, at flere bilister igen vil køre gennem centrum, så trafikken igen vil begynde at stige. Derfor har Aalborg Kommune kun løst problemet delvist, for med tanke på en kommende vækst for byen så øges årsdøgntrafikken. Det betyder, at Aalborg Kommune igen vil stå med et problem, hvis ønsket om at opretholde et lavt antal bilister samt at det skal være let at færdes i byen for de bløde trafikanter, skal imødekommes. Nu er det blot ikke muligt at skære ned på antallet af kørespor, og derved skal der findes en ny løsning, med mindre Aalborg Kommune ændrer synspunkt på problemet.

Aalborg Kommune ønsker færre biler omkring centrum, for at gøre det mere attraktivt og lettere for de bløde trafikanter at færdes [Kommune, 21.11.2012] [Schouenborg, 08.09.2014]. Letbanen vil gøre det mere attraktivt at undvære bil i Aalborg, men i takt med fortætningen er spørgsmålet, om det er nok, til at det føles let at færdes i Aalborg. Et andet fokuspunkt er en tredje Limfjordsforbindelse, som der i dag er ønske om [Vejdirektoratet, 2011]. Trafikken i morgen- og eftermiddagstimerne til og fra Aalborg er tæt, og særligt når der opstår et trafikuheld i en af Limfjordsforbindelserne for køretøjer over Limfjorden, så opstår der trafikale problemer omkring den anden forbindelse, og centrum bliver overbelastet. Dette kan en tredje Limfjordsforbindelse afhjælpe, da den af naturlige årsager vil medføre flere biler på vejen, og omvendt vil trafikken også blive mere jævn fordelt, da der kommer en ekstra strækning, som bilisterne kan anvende. Dette kan gavne Aalborg Centrum, både ved den daglige trafik omkring centrum, og ved et eventuelt uheld i Limfjordstunnelen, da det ikke længere kun vil være centrum, der så giver adgang for bilister til at passere over på den anden side af fjorden. Her vil en tredje forbindelse så også vil kunne anvendes, og dermed lette trafikken.

Aalborg har et ønske om at være Danmarks bedste studieby [Aalborg, 2014b], og derfor kræves der nok studieboliger til de studerende. Der er i landet en generel mangel på studieboliger, og dette gør sig også gældende for Aalborg, selvom det ikke er i ligeså høj grad som eksempelvis København. Det skyldes Aalborgs store fokus på de studerende og behovet for studieboliger, hvoraf der er blevet bygget over 6.000 studieboliger siden 2010

inden for Vækstaksen, både på Aalborg og Nørresundby siden, og der bygges fortsat flere nye boliger i dag [Øhrstrøm og Washuuus, 2014]. Dette er et led i Vækstaksen og planerne om Aalborgs fremtid. De seneste fem år har de videregående uddannelser oplevet rekordmange ansøgninger og dermed flere studerende [Clement og Andersen, 2014], hvilket betyder, at studieboligerne hurtigt bliver lejet ud. Der er fra år 2009 til 2014 kommet ca. 8.000 flere studerende til [Universitet, 2013, s. 9]. Et af kommunens fokuspunkterne er, at gøre Aalborg en attraktiv studieby med studievenlige priser på boligerne. Sammenlignes priserne med de tre andre storbyer i Danmark; Aarhus, Odense og København, er boligerne i Aalborg væsentlig billigere [Home, 2014], hvilket kan være en medvirkende faktor til, at Aalborg er attraktiv for de unge.

Aalborg Kommune har også et ønske om, at byen skal være for alle mennesker i alle aldersgrupper samt et attraktivt sted for erhverv [Landsforening, 05.05.2014] [Kommune, 25.11.2013b]. Spørgsmålet er dog, hvor erhverv skal etableres inden for Vækstaksen, og hvad der kan gøres for de indbyggere, som ikke er studerende. Havnefronten, som er en af de bærende elementer i Vækstaksen, anvendes ikke kun af unge, men også af børnefamilier. Derudover byder Aalborg også på naturområder og attraktioner, som er for alle i alle aldersgrupper.

For nye virksomheder gælder det, at der skal være kontorlokaler og bygninger, som kan husse virksomhederne. Ligeledes skal virksomhedens beskæftigelse gerne passe med Aalborg, således at der er en sammenhæng mellem kunde og virksomhed. Med en målsætning om, at være en attraktiv storby med mange muligheder for virksomheder, er der derfor et godt grundlag for at drive virksomhed i Aalborg, også i fremtiden. Indenfor Vækstaksen ligger der utallige virksomheder, men der er stadig tomme erhvervslokaler, som vil give plads til flere virksomheder. Heriblandt skal der ske en udvidelse af Strøybergs Palæ, som har en central beliggenhed i Vækstaksen, helt nede ved havnefronten.

#### 4.3.2 Hvorfor udvide Strøybergs Palæ?

Strøybergs Palæ ligger i Vækstaksen. På Figur 4.2 ses det, at Strøybergs Palæ ligger i det lilla område og er dermed i et område, hvor der er størst mulighed for udvikling inden for Vækstaksen. Grundet havnefrontens udvikling de sidste 10 år, har der været fokus på udviklingen her, og nu har Aalborg Kommune godkendt forespørgslen om en tilbygning til Strøybergs Palæ, da der allerede er bygget Musikkens Hus, havnefronten, Utzon Centeret og Utzon Parken omkring området. Udviklingen omkring havnefronten er sket i takt med Vækstaksens fokus herpå. Om havnefronten havde fået en udvikling overhovedet eller i lige så høj grad, hvis tankerne og ideérne omkring Vækstaksen ikke var blevet sat i værk, kan diskuteres. Uden en vækstakse vil der stadig ske en udvikling ved havnefronten, men ikke i ligeså høj grad, som nu, hvor Vækstaksen bringer ekstra fokus på området. Dog må det formodes, at havnefronten ikke vil udvikle sig i samme retning i forhold til de kulturmæssige fokuspunkter som Vækstaksen giver.

Det kan ligeledes diskuteres om Vækstaksen overhovedet har haft indflydelse på udvidelsen af Strøybergs Palæ. Placeringen af Strøybergs Palæ midt i Vækstaksen, kan tænkes at have haft indflydelse på beslutningen om, at der skal laves en tilbygning, fordi bygningen skal leve op til Aalborg Kommunes forventninger, og ønsker for fremtiden. Tilbygningen kan

bruges til erhvervslokaler, og dette vil kunne tiltrække en eller flere nye virksomheder til området, og dermed være med til at udvikle både området og Aalborg by. Omvendt kan spørgsmålet dog også stilles, om denne tilbygning vil få den ønskede effekt og kunne leve op til disse målsætninger. Det vil være naivt at tro, at en udvidelse på nogle få hundrede kvadratmeter vil gøre en betydende forskel for Aalborg, og det kan derfor ikke alene være grunden til tilbygningen, men snarere en af flere årsager. Strøybergs Palæ er kun en lille del af Vækstaksen, og skal derfor ikke bære Aalborgs udvikling og vækst alene.

Hovedpunkterne i Vækstaksen er, at Aalborg skal vokse som by, og udvikles gennem en byfortætning, hvor målet er, at tiltrække flere virksomheder og indbyggere. En udvidelse af Strøybergs Palæ vil give ekstra erhvervslokaler og/eller lejligheder, og dette passer godt sammen med Vækstaksen. Tilbygningen betyder desuden, at Strøybergs Palæ vil få et mere harmonisk udseende ud mod vandet, da tilbygningen vil blive bygget i samme arkitektoniske stil som resten af bygningen, og den nordøstlige del af bygningen vil komme op i cirka samme højde, som resten af bygningen. Sammen med resten af havnefronten vil Strøybergs Palæ gennemgå en renovering, som løfter udseendet samt medfører, at området vil få en mere ensformet og harmonisk stil.

Det, at området bliver et centralt fokuspunkt for fremtiden betyder også, at området bliver mere attraktivt, idet der kommer til at ske en fortsat udvikling af området, og netop derfor kan en tilbygning være en god investering, da det giver ekstra plads og bedre forudsætninger for udviklingen.

# Udvikling af området 5

---

I det følgende afsnit vil lokalplanen for området ved Strøybergs Palæ beskrives, da denne sammen med kommuneplanen indeholder en række informationer om Strøybergs Palæ, og fastsætter rammerne for den kommende tilbygning.

Til sidst vil der foretages en sammenligning mellem den førhen gældende lokalplan for området og den nuværende lokalplan, for at undersøge, hvilke ændringer der har været nødvendige at foretage, for at kunne realisere tilbygningen til Strøybergs Palæ.

## 5.1 Lokalplan

En lokalplan tager udgangspunkt i en fremsat kommuneplan, og har til formål at styre udviklingen i et område. Lokalplanen skal give borgerne og byrådet et indblik i et bestemt område og give dem mulighed for at komme med tiltag til den fremlagte plan. Her fastsætter byrådet rammerne for, hvordan arealer, bygninger, beplantning, veje, stier m.fl. skal anlægges i et givent område. Lokalplaner skal ifølge planloven udformes af byrådet, der har pligt til dette, før der kan gennemføres større bygge- og anlægsprojekter [Kommune, Oktober 2012, s. 4].

En lokalplan indeholder punkterne; redegørelse, planbestemmelser og bilag [Kommune, Oktober 2012, s. 4].

Planen starter med en redegørelse, hvor lokalplanens baggrund og formål fastsættes og hele indholdet fremlægges. Der bliver også redegjort for miljømæssige forhold, hvordan lokalplanen forholder sig til andet byggeri, og om der kræves tilladelser eller anden slags dispensationer fra forskellige myndigheder.

I lokalplanen informeres der om planbestemmelser, som er områdets fremtidige anvendelse. Dette illustreres via tekst og billeder.

Til sidst i lokalplanen ligger alle bilagene. Disse består oftest af forskellige kort (matrikelkort, arealanvendelseskort m.m.) samt forskellige tabeller omkring støj fra erhverv og trafik m.m. Bilagene er med til at uddybe og illustrere lokalplanbestemmelserne.

Byrådet kan til enhver tid udarbejde et lokalplanforslag. Når et forslag til lokalplanen er udformet, skal det offentliggøres i mindst otte uger, hvor borgerne kan komme med indsigelser eller forslag til ændringer. Efter de otte ugers offentliggørelse bedømmes byrådet, hvorvidt eventuelle indsigelser eller ændringer vil blive taget op. Dernæst vedtages planen, hvor den bekendtgøres i avisens og er hermed bindende for ejendommene, som ligger i lokalplanområdet.

Der må ikke laves ændringer i området i strid med lokalplanen, dog må eksisterende bygninger og anvendelse, der er etableret før lokalplanforslagets offentliggørelse, fortsætte.

Endvidere er der ikke pligt til at gennemføre tiltag, der beskriver lokalplanen [Kommune, Oktober 2012, s. 4].

## 5.2 Lokalplan 1-1-107

Lokalplan 1-1-107 er lokalplanen for området ved Strøybergs Palæ. Lokalplanen er vedtaget af Aalborg Byråd den 12. november 2012, og offentligt bekendtgjort den 21. november 2012 [Kommune, Oktober 2012, s. 20].

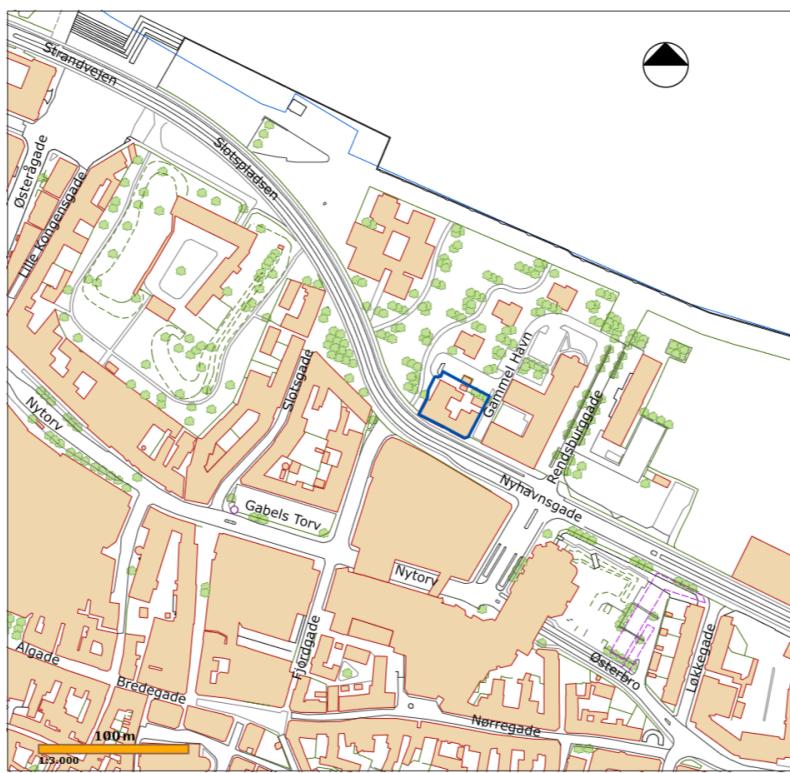
Området for lokalplanen er ca. 1.200 m<sup>2</sup>, og ligger ca. 100 m fra Limfjorden. Øst for lokalplanområdet ligger Gammel Havn, mod nord og vest ligger Utzon Parken og mod syd Nyhavnsgade. Ud over Strøybergs Palæ, der ligger i planområdet, er der også enkelte mindre bygninger, garager m.m. For at lokalplanen kan blive realiseret, skal mindre bygninger nedrives, hvis de ikke er bevaringsværdige [Kommune, Oktober 2012, s. 6]. Området, som lokalplanen dækker, ses på Figur 5.1.

Lokalplanen er udarbejdet med et ønske om, at lave en tilbygning til Strøybergs Palæ, hvor anvendelsesmulighederne i området således vil blive ændret til beboelse, serviceerhverv og kontorerhverv. Lokalplanen er udformet således, at den tager hensyn til, at den nye bebyggelse udformes efter den eksisterende bevaringsværdige bygning, eventuelt med et nutidigt arkitektonisk udtryk, således der er harmoni mellem den nuværende bygning og tilbygningen. Her tages der hensyn til bygningsskala, facadertyme og farve, da Strøybergs Palæ er vurderet til at være en bevaringsværdig bygning med en bevaringsværdi 4, som er middelværdi [Kommune, Oktober 2012, s. 5 og 9]. Bevaringsværdien bestemmes på baggrund af fem værdier; arkitektonisk værdi, kulturhistorisk værdi, miljømæssig værdi, originalitet og tilstand, hvor vurderingen er givet i forhold til helhedsindtrykket af bygningens kvalitet og tilstand, dog vil den arkitektoniske- og den kulturhistoriske værdi veje tungest for bevaringsværdien. Bygninger med bevaringsværdi 2-4 er bygninger, som er fremtrædende grundet deres arkitektur, kulturhistorie og håndværksmæssige udførelse [Kulturstyrelsen, a]. Lokalplanen fortæller desuden, at tage skal udføres som saddeltage eller som flade tage [Kommune, Oktober 2012, s. 17].

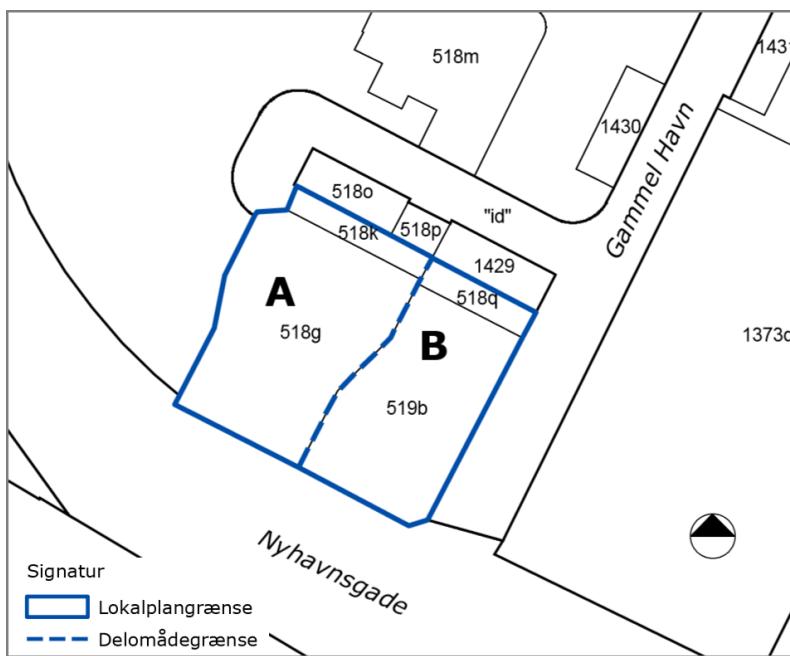
Lokalplanen indeholder to delområder, hvor delområdet B er hovedbygningen af Strøybergs Palæ, mens delområde A er sidebygningen dertil og et byggefelt liggende mod nord, hvilket er illustreret på Figur 5.2. Inden for delområde A må ny bebyggelse opføres i 4 etager, samt en tagetage, og med en kælder maksimalt 1,25 m over terræn, som kan anvendes til parkering, depot og lignende. Inden for delområde B må ny bebyggelse opføres i 3 etager samt en tagetage og med en kælder maksimalt 2 m over terræn. I alt må tilbygningen højest være 19 m høj [Kommune, Oktober 2012, s. 7 og 16].

Da lokalplanområdet ligger meget kystnært skal der i større grad dimensioneres efter klimatiske faktorer og ændringer. Her er hovedpunktet vandstandsstigning. Her tages der udgangspunkt i Aalborg Kommunes klimastrategi. Den forudsiger, at den generelle indre vandstand i nordjyske farvande vil kunne stige med op til 1 m. Derfor er der fastsat en minimum sokkelkote for stueplan på nye bygninger på 2,36 m DVR 90 grundet risikoen for vandstandsstigning [Kommune, Oktober 2012, s. 9].

Bygningen ligger placeret tæt op ad detailhandel og erhverv. Området benyttes af kollektiv trafik. Da bygningen ligger placeret ved Nyhavnsgade, kan dette give støjgener fra trafikken. Derfor skal der tages højde for dette, når der bygges. Det indendørs støjniveau



**Figur 5.1.** Lokalplan 1-1-107, lokalplanområde [Kommune, Oktober 2012, s. 40]



**Figur 5.2.** Lokalplan 1-1-107, delområde A og B [Kommune, Oktober 2012, bilag 1, s. 33]

må ikke overstige  $L_{den}$  33 dB, og ved udendørs opholdsarealer må den ikke overstige  $L_{den}$  58 dB. Støjisolering skal primært ske indvendigt, så bygningen ikke ændrer udseende. Overholdelse af de forskellige grænseværdier for støj skal kunne dokumenteres, før bygningen må tages i brug [Kommune, Oktober 2012, s. 8]. Området er kortlagt på vidensniveau 1 og 2 efter jordforureningsloven. Et areal bliver kortlagt på vidensniveau 1, hvis der er kendskab til aktiviteter, der kan forårsage forurening på arealet. Det vil blive kortlagt på vidensniveau 2, hvis der er dokumentation for forurening i jord og grundvand på arealet [Miljøministeriet, b]. Hvis der i forbindelse med bygge- og anlægsarbejde konstateres tegn på jordforurening, skal arbejdet standses og kommunens Teknik- og Miljøforvaltning skal underrettes. Herefter vurderes det, om der skal fastsættes vilkår, inden arbejdet kan genoptages [Kommune, Oktober 2012, s. 10].

Lokalplanen skal udarbejdes i samspil med den nuværende kommuneplan og anden fysisk planlægning i området omkring. Planen er, at der i lokalplanens område kan indrettes et mindre antal boliger. Det forventes at Aalborg Midtby får etableret 2.116 nye boliger i perioden 2008-2019. I bygningen kan desuden etableres butikker på maksimalt  $250\ m^2$  og  $500\ m^2$  pr. etage jf. kommuneplanen [Kommune, Oktober 2012, s. 8].

### 5.2.1 Fra gammel til ny lokalplan

I kraft med vedtagelsen af lokalplan 1-1-107 ophæves lokalplanen 10-082 for det område, som lokalplan 1-1-107 omfatter. På trods af, at de to lokalplaner omfatter to forskellige områdestørrelser, så er lokalplanerne fortsat ens på flere punkter, heriblandt miljøforholdene for området. Der er dog nogle små forskelle, og disse forskelle vil blive analyseret i det følgende afsnit. Nedenfor på Figur 5.3 ses lokalplanområdet for lokalplan 10-082.



**Figur 5.3.** Tidligere gældende lokalplan, 10-082, for området [Kommune, August 2006, s. 17]

I lokalplan 10-082 kan ny bebyggelse for området Strøybergs Palæ bygges i 4 etager samt tagetage med en maksimal højde på 22 m [Kommune, August 2006, s. 19], hvor der i lokalplan 1-1-107 kan bygges i op til 3 etager samt tagetage for ny bebyggelse med en

maksimal højde på 19 m. Denne ændring i højden kan skyldes, at der har været indsigelser imod de 22 m, da dette muligvis ville fjerne en udsigt eller sollys for de berørte personer.

Der er i lokalplan 1-1-107 ligeledes taget højde for vandstandsstigning i Limfjorden, hvilket ikke er gjort i lokalplan 10-082. Grunden til dette kan skyldes, at der ikke tages højde for detaljerne, da lokalplan 10-082 foruden Strøybergs Palæ indeholder tiltag til Utzon Centeret, Slotspladsen og First Slotshotel.

Ligeledes bliver der præciseret i lokalplan 1-1-107, at isolering for trafikstøj ikke må ændre på facadens udseende, hvor der i lokalplan 10-082 blot står, at enhver ændring på bygningens facade kræver en tilladelse [Kommune, August 2006, s. 19]. En grund til at der først i lokalplan 1-1-107 står beskrevet, hvordan isoleringen skal foretages samt at facadeændringer kræver en tilladelse, kan være, at lokalplan 10-082 dækker over et større område end 1-1-107, og at detaljerne på tilbygningen dermed først er relevant for lokalplan 1-1-107.

For ny bebyggelse og nye tilbygninger, som er omfattet af lokalplan 1-1-107, gælder det, at nye bygninger skal opføres i overensstemmelse med den eksisterende bebyggelse, dog gerne med nutidig arkitektonisk formsprog. Tilbygninger skal opføres i tilknytning til den eksisterende bevaringsværdige bygning, og skal derfor have det samme arkitektoniske udtryk, som bygningen i forvejen har [Kommune, Oktober 2012, s. 7].

Dette punkt i lokalplanen forklarer de overordnede rammer for ny bebyggelse og tilbygning, men uover dette, er det mere frit for det pågældende rådgivningsfirma, at designe og konstruere de pågældende bygninger. De skal blot overholde lokalplanens givne rammer, hvorefter det kan diskuteres og fortolkes, hvor og hvornår grænsen for det arkitektoniske udtryk overskrides. Denne balance er derfor mest op til det rådgivende ingeniørselskab at fortolke.

### 5.3 Delkonklusion

Der er i de foregående afsnit redejst for Aalborgs historie og baggrunden for byens udvikling. Ligeledes er der beskrevet, hvad en kommuneplan og lokalplan er, og der er lavet en dybdegående analyse af Aalborgs kommuneplan, med særligt fokus på Vækstaksen. Inden for vækstaksen ligger Strøybergs Palæ, som hører under den nuværende lokalplan 1-1-107, hvilken også er behandlet, analyserset og sammenlignet med den tidligere lokalplan for området, 10-082. Endelig er der foretaget en diskussion, hvor spørgsmålet stilles, hvorfor det er godt at udvikle i netop dette område, og derunder hvilken sammenhæng der er mellem Strøybergs Palæ og Vækstaksen.

Kommuneplanen er den overordnede ramme for byens udvikling, mens lokalplanen beskriver et mindre område inden for kommunen, og har til formål at styre udviklingen af dette. Aalborg Kommune er vokset som by gennem tiden, og gennem den nuværende kommuneplan har kommunen en målsætning om, at blive Nordjyllands Vækstdynamo og blive en by med fokus på udvikling af studerende, erhverv, kultur med mere.

Blandt Aalborg Kommunes fem fokuspunkter er det fokuspunktet "Aalborg - den attraktive storby", omhandlende Vækstaksen, der er blevet behandlet. Vækstaksen beskriver et område i Aalborg, hvor der er planer om fremtidig udvikling. Disse områder består i dag af virksomheder, uddannelsesinstitutioner, kulturattraktioner og andre interessepunkter for Aalborg Kommune. Det er netop disse områder, der skal skabe grobund for den fremtidige

vækst i Aalborg, og derfor er det fordelagtigt at udvikle yderligere i netop disse områder.

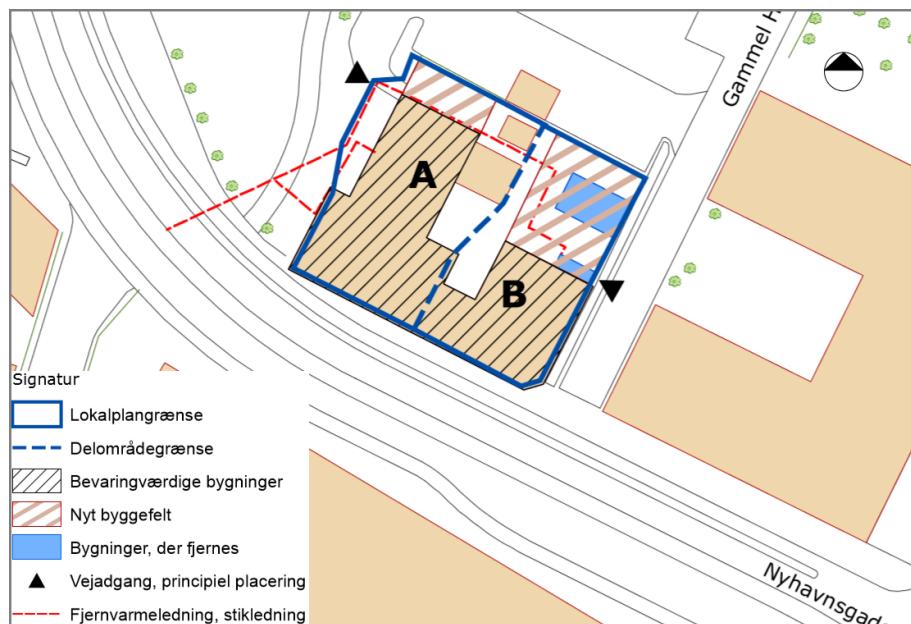
Et af hovedpunkterne i Vækstaksen er, at udvikle Aalborg gennem en byfortætning, hvor målet er at få flere virksomheder og indbyggere til byen. En tilbygning af Strøybergs Palæ vil give ekstra erhvervslokaler og lejligheder, hvilket passer godt sammen med kommunens ønske om byfortætning.

Med en beliggenhed inden for Vækstaksen i et af de områder, hvor der er størst mulighed for udvikling, er der grundlag for en udvidelse af Strøybergs Palæ. Derudover har de seneste 10 års udvikling af havnefronten, givet øget fokus på udviklingen i dette område, hvilket gør området mere attraktivt. Dette er et godt grundlag for at lave en tilbygning, som vil give ekstra plads og bedre forudsætninger for udviklingen. Tilbygningen kan blandt andet bruges til erhvervslokaler, som kan tiltrække nye virksomheder til områder, og dermed være med til at udvikle byen. Dog vil en mindre udvidelse af Strøybergs Palæ ikke have en stor betydning for Aalborg og dens udvikling, da bygningen kun er en lille del af Vækstaksen.

# Dimensionering af stålprofiler

# 6

Figur 6.1 viser de nye byggefelter inden for henholdsvis delområde A og delområde B til Strøybergs Palæ ([Kommune, Oktober 2012], s. 16). Denne rapport fokuserer på byggefeltet inden for delområde B, hvor ny bebyggelse, ifølge lokalplan 1-1-107, må opføres i 3 etager samt en tagetage og med en kælder maksimalt 2 m over terræn. Ved opførsel af ny bebyggelse i delområde B, skal to nuværende mindre bygninger fjernes.



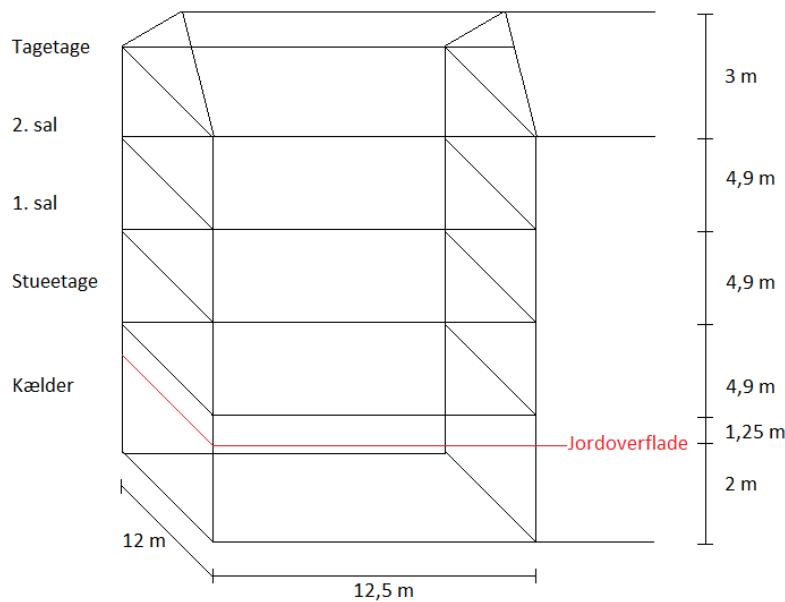
**Figur 6.1.** Lokalplan 1-1-107, delområde A og B [??]

Med udgangspunkt i lokalplan 1-1-107 har bygningen fået de størrelser og dimensioner, som ses på Figur 6.2.

Tilbygningen bliver 12,5 meter lang og 12 meter bred i henhold til den eksisterende bygningsbredde. Kælderen har en højde på i alt 3,25 m, hvor 1,25 m ligger over terræn. Stueetagen, 1. sal og 2. sal har hver især en højde på 4,9 m og tagetagen har en højde på 3 meter med en hældning på 26,6 grader. I alt er tilbygningen 19 m høj over terræn.

For at kunne beregne de laster som påvirker tilbygningen, er der opstillet nedenstående statisk system for bygningen. Systemet er opstillet som en bjælkekonstruktion.

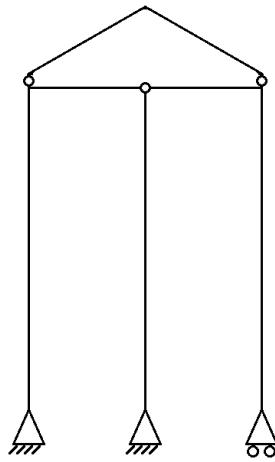
Beregningerne opdeles for to gavle og to facader. Det antages at gavlene hver er 12 m lang og 16 m høj, eksklusiv en gavltrekant med en højde på 3 m, og har 9 vinduer med dimensionerne; 0,95 m bred og 1,5 m høj.



**Figur 6.2.** Tilbygningens dimensioner

De to facader er 12,5 m lang og 16 m høj. Den har 11 vinduer, med samme mål som for vinduerne på gavlene, og en dør, som er 1,5 m bred og 2,1 m høj.

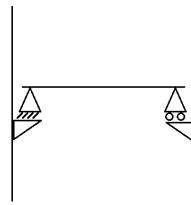
For at kunne beregne de laster, som påvirker tilbygningen, er der opstillet et statisk system for tilbygningen. Systemet er opstillet som en bjælkekonstruktion og indeholder tre rammekonstruktioner som vist på Figur 6.3.



**Figur 6.3.** Statiske system

På disse rammekonstruktioner vil etagedækene virke som en belastning, i stedet for at virke som en del af konstruktionen. Dette er muligt, da der kan opsættes en samling mellem etagedækene og stålkonstruktionen, som ses på Figur 6.4.

Med denne opstilling kan reaktionerne beregnes og der ud fra finde belastningen, som vil



**Figur 6.4.** Etageovergang på tilbygningen

komme på funderingen, men først skal lasterne beregnes.

## 6.1 Laster

Tilbygningen til Strøybergs Palæ vil blive udsat for en række forskellige laster, både permanente- og variable laster, hvilke vil blive beregnet i dette afsnit således, at der senere hen kan opstilles lastkombinationer, regnes reaktionskræfter, snitkræfter, spændinger samt brudgrænse- og anvendelsesgrænsetilstande.

### 6.1.1 Permanent last

Egenlaster er permanente laster. For tilbygningen til Strøybergs Palæ beregnes disse laster gennem de gjorte antagelser samt de givne mål, som er illustreret på Figur 6.2.

#### Last fra tagsystem

Det antages at taget, som benyttes, er et mellemtungt tag, som har værdien  $600 \frac{N}{m^2}$  [Spær-fabrik, 01-07-2013], og det er et sadeltag med teglsten. Der er derfor fundet en middelværdi for lasten fra taget til systemet.

Tagets areal bestemmes ud fra Figur 6.7:

$$6,7m \cdot 12,5m \cdot 2 = 167,500m^2$$

Arealet ganges med værdien for mellemtungt tag:

$$167,500m^2 \cdot 600 \frac{N}{m^2} = 100,500kN$$

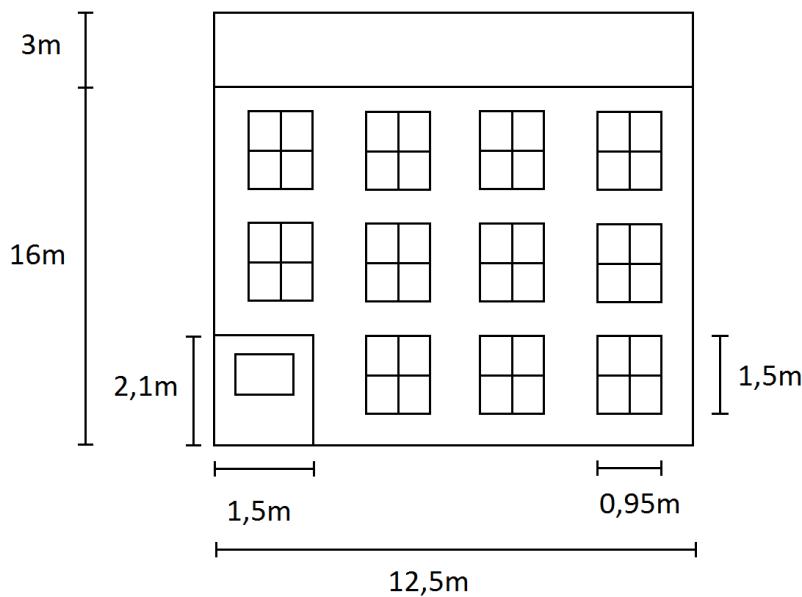
#### Last fra væg

##### Facade

Facaderne antages for at være ens samt indeholde lige mange vinduer og døre. Der antages at være 11 vinduer og én dør pr. facade, hvilket illustreres på Figur 6.5.

Et vindue regnes til være 0,95 m bred og 1,5 m høj TJEK MED MICHAEL! + KILDE. Døren antages at være 1,5 m bred og 2,1 m høj KILDE. Arealet for én facade bestemmes til:

$$12,5m \cdot 16,0m - (1,5m \cdot 0,95m \cdot 11 + 1,5m \cdot 2,1m) = 181,175m^2$$



**Figur 6.5.** Facaden på øst- og vestssiden

Til beregning af væggens egenlast vides det, at der skal påregnes en indervæg og et isoleringslag, mens den ydervæggen ikke er en del af det statiske system og dermed ikke skal medregnes.

En typisk indervæg er typisk 130 mm tyk [Frederiksen, 12-06-2008], og det antages, at denne værdi benyttes til tilbygningen af Strøybergs Palæ. Dermed kan værdien for indervæggen af facaden nu bestemmes ved at gange facadens areal uden vinduer og dør med tykkelsen, hvorefter denne værdi ganges med densiteten for mursten, hvilket er  $1500,0 \frac{kg}{m^3}$ :

$$181,175m^2 \cdot 130mm \cdot 1500,0 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,82 \frac{m}{s^2} = 35329,125kg$$

Denne værdi omregnes til  $N$  ved at gange med tyngdeaccelerationen:

$$35329,125kg \cdot 9,82 \frac{m}{s^2} = 346,932kN$$

I og med facaderne er identiske ganges de  $346,932kN$  med 2:

$$346,932kN \cdot 2 = 693,864kN$$

Isoleringslaget regnes til at være 100 mm tyk [for energibesparelser i bygninger, December 2014], og det antages, at typen af isolering har densiteten  $30 \frac{kg}{m^3}$  [Rockwool].

Facadens areal uden vinduer og dør med tykkelsen, hvorefter denne værdi ganges med densiteten for isoleringen:

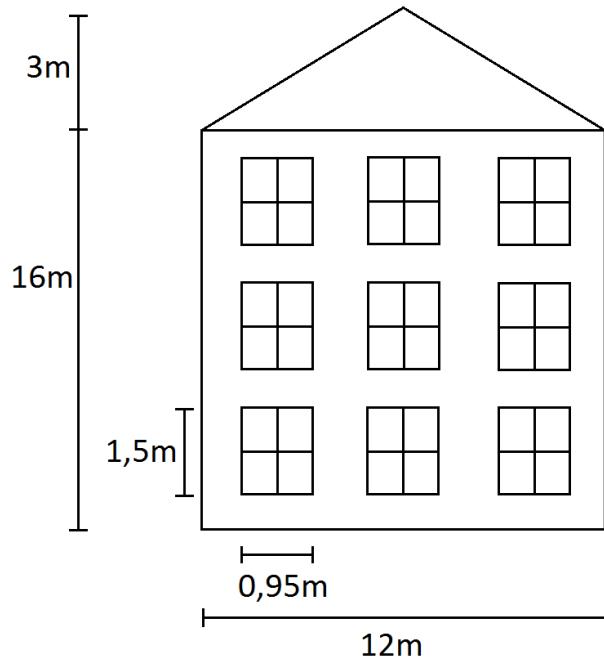
$$181,175m^2 \cdot 0,1 \cdot 30 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,82 \frac{m}{s^2} = 5,337kN$$

I og med facaderne er identiske ganges de  $5,337kN$  med 2:

$$5,337kN \cdot 2 = 10,675kN$$

Gavl

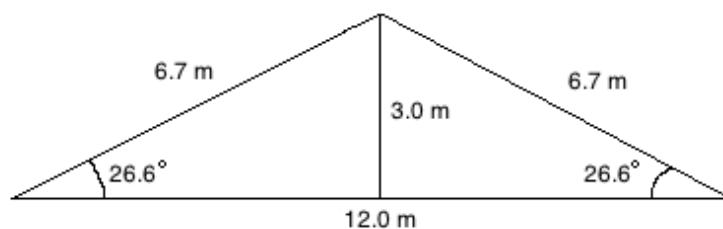
Da den ene gavl ligger op ad den nuværende bygning, vil der ikke være vinduer på denne gavl, mens der antages at være 9 vinduer, identiske med dem for facaden, for gavlen, der ikke ligger op ad den nuværende bygning, som kan ses på Figur 6.6.



**Figur 6.6.** Dimensioner for tagetagen

Til forskel for facadens areal, har gavlene også arealet for tagetagen, som har dimensionerne der ses på Figur 6.7. Arealet for facaden der ikke ligger op ad den nuværende bygning bestemmes dermed til:

$$12m \cdot 16m + 3m \cdot 12m \cdot 0,5 - 1,5m \cdot 0,95m \cdot 9 = 197,175m^2$$



**Figur 6.7.** Dimensioner for tagetagen

Ligesom for facaderne skal der også påregnes en indervæg og et isoleringslag for gavlen, og det antages at der anvendes den samme tykkelse og densitet for indervæg og isolering.

Værdien for indervæggren bestemmes til:

$$197,175m^2 \cdot 130mm \cdot 1500,0 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,82 \frac{m}{s^2} = 377,570kN$$

Værdien for isolering bestemmes til:

$$197,175m^2 \cdot 100mm \cdot 30\frac{kg}{m^3} \cdot 9,82\frac{m}{s^2} = 5,809kN$$

### Last fra gulv

Det antages at bygnings etager kun består af gulv, dvs. ingen skillevægge, trapper og andre former for genstande, der mindsker mængden af gulv. Derfor er den samlede mængde gulv pr. etage  $12,5m \cdot 12,0m = 150,0m^2$ .

Fire ud af de fem etager består af bærende gulv, hvor den sidste, kælderetagen, ligger på fundamentet. Et bærende gulv antages at bestå af et armeret betondæk nederst, der oftest er mellem 80 mm og 200 mm tyk. Der antages, at den er 120 mm tyk, hvorpå der ligger bjælker. Bjælkernes opgave er at lede og overføre lasterne ud i understøtning. Derefter vil ligge et undergulv, mellemgulv og til sidst selve gulvbelægningen, og mellem betondækket og undergulvet lægges isoleringen.

Først bestemmes gulvets last for en etage, hvorefter denne ganges denne med fire, da der er fire etager foruden kælderetagen. Betondækkets andel beregnes først, da både længden, bredden og tykkelsen kendes.

Rumfanget af betonen for én etage bestemmes til:

$$12,5m \cdot 12,0m \cdot 120mm = 18,0m^3$$

Rumfanget ganges med betons densitet, som er  $2400\frac{kg}{m^3}$  [], hvorefter denne værdi ganges med tyngdeaccelerationen, for at få værdien i  $kN$ , som der ganges med 4 for at få lasten for alle fire etager:

$$18,0m^3 \cdot 2400\frac{kg}{m^3} \cdot 9,82\frac{m}{s^2} \cdot 4 = 1693,440kN$$

Der er behov for bjælker, som hver er 6,25 m lang, da de er halvdelen af tilbygningens længde, 140,0 mm høj og 140,0 mm bred [Byggeri]. Disse anlægges langs med tilbygningen. For at bestemme hvor mange bjælker, der er behov for, divideres længden af tilbygningen med 400 mm, da der skal være 400 mm imellem hver bjælke KILDE!!!!

$$\frac{12,5m}{400mm} = 31,25 \text{ bjælker}$$

Da der ikke kan optræde 31,25 bjælker rundes der op til 32 bjælker.

Rumfanget af én bjælke, som består af to bjælker med længden 6,25 m, ganges med bjælkens densitet for tørrumvægt af træ [Træteknik], hvorefter denne værdi ganges med tyngdeaccelerationen og ganges med 4:

$$7,840m^3 \cdot 510\frac{kg}{m^3} \cdot 9,82\frac{m}{s^2} \cdot 4 = 157,057kN$$

Isoleringsarealet for tilbygningen er det samlede gulvareal minus det areal, som bjælkerne ligger på:

$$150,0m^2 - (140mm \cdot 12,5m \cdot 32) = 94,0m^2$$

Isoleringsslaget har samme højde som bjælkerne og har en densitet på  $30\frac{kg}{m^3}$  [Rockwool]. Dermed kan værdien for isolering bestemmes til:

$$94,0m^2 \cdot 140mm \cdot 30\frac{kg}{m^3} \cdot 9,82\frac{m}{s^2} \cdot 4 = 15,508kN$$

Gulvbelægningen antages for at være linoleumsgolv med en højde på  $2,5mm$  KILDE! med en densitet på  $2,9\frac{kg}{m^3}$  KILDE (<http://www.kjeldtoft.com/upl/website/download-brochurer-/DesktopTekniskespecifikationer.pdf>). Dermed kan værdien for linoleumsgolv bestemmes til:

$$2,5mm \cdot 12,5m \cdot 12,0m \cdot 2,9\frac{kg}{m^3} \cdot 9,82\frac{m}{s^2} \cdot 4 = 0,043kN$$

### **Samlet egenlast eksklusiv tag og stålsystem**

De tidligere beregnede værdier adderes;

$$346,932kN + 346,932kN + 5,337kN + 5,337kN + 377,509kN + 5,809kN + 1693,440kN + 157,057kN + 15,508kN + 0,043kN = 2953,904kN$$

Den samlede egenlast deles med 2, da midterrammen optager halvdelen af den beregnede last.

$$\frac{2953,904kN}{2} = 1476,952kN$$

Den midterste stang optager  $\frac{2}{4}$  af egenlasten, mens de to yderste stænger hver optager  $\frac{1}{4}$ .

$$\frac{1476,952kN}{4} = 369,24kN$$

Denne last laves nu om til en linjelast ned langs stængerne, og derfor deles med 18m:

$$\frac{369,24kN}{18m} = 20,51\frac{kN}{m}$$

Den midterste stang optager  $\frac{2}{4}$  af egenlasten, mens de to yderste stænger hver optager  $\frac{1}{4}$ .

### **Egenlast af stålsystemet**

#### Egenlast stål i tagsystemet

Stålstyrken, som er anvendt, antages at være S200, som har densiteten  $g = 26,2\frac{kg}{m}$ . Dette skal ganges med højden af sadeltaget, som er  $6,7m$  og omregnes efterfølgende til Newton.

$$26,2\frac{kg}{m} \cdot 6,7m = 175,75kg \quad 175,75kg \cdot 9,82\frac{m}{s^2} = 1,73kN$$

Denne værdi skal ganges med to, da der går to stålstænger op ved taget:  $1,73 \cdot 2 = 3,45kN$

### Stålsystem eksklusiv tag

Stålstyrken antages igen at være S200, som har densiteten  $g = 26.2 \frac{kg}{m}$ . For at finde kraften af en enkelt lodret stang multipliceres denne med højden af bygningen, inklusiv kælderen, som er 18m.

$$26.2 \frac{kg}{m} \cdot 18m = 471,6kg \quad 471,6kg \cdot 9,82 \frac{m}{s^2} = 4,631kN$$

Dette skal omregnes til at blive en linjelast og der divideres derfor med højden igen:  $\frac{4,631kN}{18m} = 0,26 \frac{kN}{m}$

Det samme skal gøres for at finde kraften for en vandret stang, og densiteten skal her ganges med længden af den vandrette bjælke, som er 6m.

$$26.2 \frac{kg}{m} \cdot 6m = 157,2kg \quad 157,2kg \cdot 9,82 \frac{m}{s^2} = 1,54kN$$

Dette skal omregnes til at blive en linjelast og der divideres derfor med længden af den vandrette stang:  $\frac{1,54kN}{6m} = 0,26 \frac{kN}{m}$

- Hej

### **Samlede egenlast af bygningssystemet**

Nu er alle laster der påvirker

#### **Last fra tag**

Det antages at taget, som benyttes, er et mellemtungt tag, som har værdien  $600 \frac{N}{m^2}$  [Spær-fabrik, 01-07-2013], og det er et sadeltag med teglsten. Der er derfor fundet en middelværdi for lasten fra taget til systemet.

Tagets areal bestemmes ud fra Figur 6.7:

$$6,7m \cdot 12,5m \cdot 2 = 167,500m^2$$

Arealet ganges med værdien for mellemtungt tag:

$$167,500m^2 \cdot 600 \frac{N}{m^2} = 100,500kN$$

#### **6.1.2 Variable laster**

Af variable laster optræder der både snelast, vindlast og nyttelast på bygningen. Disse udregnes efter Dansk Standard Eurocode 1991.

## Snelast

Til at beregne hvordan snelasten påvirker tilbygningen anvendes den karakteristiske snelast og formlen:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

- $s$ : karakteristisk snelast
- $\mu_i$ : formfaktoren for snelasten, som sættes til 0,8 [Standard, 2014, tabel 5.2 kapitel 5.3]
- $C_e$ : eksponeringsfaktoren
- $C_t$ : termisk faktor, som sættes til 1,0 [Standard, 2014, kapitel 5.2]
- $s_k$ : karakteristisk terrænværdi, som sættes til  $1 \frac{kN}{m^2}$  [Standard, 2014, kapitel 4.1]

Til at bestemme den karakteristiske snelast, beregnes eksponeringsfaktoren  $C_e$ .

Eksponeringsfaktoren,  $C_e$ , bestemmes ved:

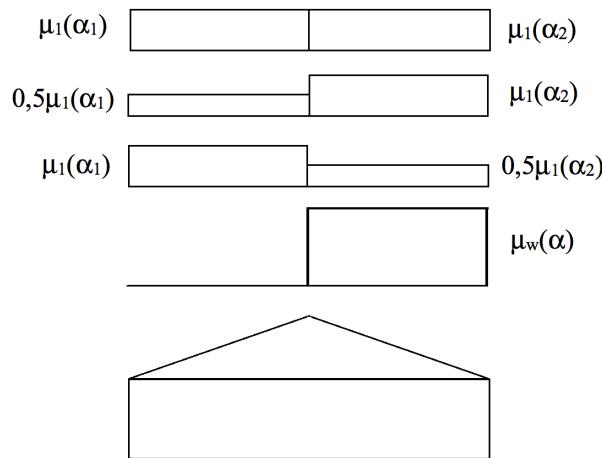
$$C_e = C_{top} C_s$$

- $C_{top}$ : topografi faktor, som sættes til 1,0 [Standard, 2014, tabel 5.1 kapitel 5.2]
- $C_s$ : størrelse faktor, som sættes til 1,0 [Standard, 2014, kapitel 5.2]

Eksponeringsfaktoren kan nu bestemmes til:

$$C_e = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

Strøybergs Palæ har et saddeltag, og dermed skal der tages højde for fire lasttilfælde, som ses på Figur 6.8. Derudover ganges snetilfældets værdi med 6,25 m, som er halvdelen af tilbygningens længde, hvilket gøres, da det statiske system er opdelt i tre rammer, for at få værdien ud i  $\frac{kN}{m}$ .



**Figur 6.8.** Fordeling af sne i de fire tilfælde

## Snetilfælde 1

$$s_1 = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 \frac{kN}{m^2} \cdot 6,25m = 5,0 \frac{kN}{m}$$

Snetilfælde 2 og 3

$$s_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 \frac{kN}{m^2} \cdot 6,25m = 2,5 \frac{kN}{m}$$

Snetilfælde 4

$$s_4 = \mu_w C_e C_t s_k \frac{kN}{m^2}$$

- $\mu_w$ : formfaktoren, som sættes til 1,2 eftersom  $\alpha$  er  $26,565^\circ$  [Standard, 2014, kapitel 5.3.3]

Den karakteristiske snelast for lasttilfælde 4 kan nu bestemmes til:

$$s_4 = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 \frac{kN}{m^2} 6,25m = 7,5 \frac{kN}{m}$$

Til videre beregning har projektgruppen valgt at anvende snetilfælde 1, selvom der i praksis burde laves beregninger med samtlige snetilfælde.

**Vindlast**

For vindlasten skal der regnes en nettovindlast, som er forskellige mellem den udvendige og den indvendige last. Lasterne skal ud i  $\frac{kN}{m}$ , som skal anvendes til lastkombinationer.

For Strøybergs Palæ regnes der en nettovindlast for siden af bygningen og for taget af bygningen. Dette gøres for tre vindretninger, nord, øst og vest, da sydsiden af tilbygningen kommer i forlængelse af en anden bygning, og derfor formodes denne vindlast ikke at have særlig stor betydning for tilbygningen.

Til at bestemme vindlasten på tilbygningens vindtryk på de udvendige flader anvendes følgende formel:

$$w_e = q_p(z_e)c_{pe}$$

- $q_p$ : peakhastighedstrykket
- $z_e$ : referencehøjden for det udvendige vindtryk, som sættes til 19 m for taget og 16 m for tilbygningen uden tag 6,7
- $c_{pe}$ : formfaktoren for det udvendige vindtryk

Til at bestemme vindlasten på tilbygningens vindtryk på de indvendige flader anvendes følgende formel:

$$w_i = q_p(z_i)c_{pi}$$

- $q_p$ : peakhastighedstrykket
- $z_i$ : referencehøjden for det indvendige vindtryk, som sættes lig  $z_e$  [Standard, 2014, kapitel 7.2.9]

- $c_{pi}$ : formfaktoren for det indvendige vindtryk

Nedenfor gives et beregningseksempel for beregning af  $q_p$  på tilbygningens udvendige side med højden 19 m. Beregningerne for udvendig med højden 16 m og indvendig for både 19 m og 16 m kan ses i bilag, hvor fremgangsmåden er ens som den viste blot med andre værdier fra de samme tabeller som anvendes i eksemplet. INDSÆTTE REFERENCE HER!

Den maksimale belastning fra vinden, peakhastighedstrykket  $q_p$ , bestemmes ved:

$$q_p(z_e) = [1 + 7I_v(z_e)] \frac{1}{2} \rho v_m^2(z_e)$$

- $I_v$ : vindturbulens
- $\rho$ : densiteten for luft  $1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  KILDE
- $v_m$ : middelvindhastigheden

For at bestemme peakhastigheden, beregnes først vindturbulens  $I_v(z)$  samt middelvindhastigheden  $v_m$ .

Vindturbulens,  $I_v(z)$ , bestemmes ved:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln(\frac{z}{z_0})}$$

- $k_1$ : turbulensfaktor, sættes til 1,0 [Standard, 2014, kapitel 4.4]
- $c_0(z)$ : orografifaktoren, som sættes til 1,0 [Standard, 2014, kapitel 4.3.1]
- $z$ : højde, som er 19 m
- $z_0$ : ruhedslængde, som sættes til 1,0 for terrænkategori IV [Standard, 2014, tabel 4.1 kapitel 4.3.2]

Vindturbulensen kan nu bestemmes til:

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(\frac{19}{1,0})} = 0,340$$

Middelvindhastigheden,  $v_m$ , bestemmes ved:

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) v_b$$

- $c_r(z)$ : ruhedsfaktor
- $v_b$ : basisvindhastigheden

Til at bestemme middelvindhastigheden, beregnes basisvindhastigheden samt ruhedsfaktor.

Basisvindhastigheden,  $v_b$ , bestemmes ved:

$$v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0}$$

- $c_{dir}$ : retningsfaktor, som sættes til 1,0 [Standard, 2014, tabel 1a kapitel 4.2]

- $c_{season}$ : årstidsfaktor, som sættes til 1,0 [Standard, 2014, tabel 1b kapitel 4.2]
- $v_{b,0}$ : grundværdi for basisvindhastigheden, som sættes til  $24 \frac{m}{s}$ , da dette er gældende for størstedelen af Danmark [Standard, 2014, kapitel 4.2]

Basisvindhastigheden kan nu bestemmes til:

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \frac{m}{s} = 24 \frac{m}{s}$$

Ruhedsfaktor,  $c_r(z)$ , bestemmes ved:

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

- $k_r$ : terrænfaktor

Terrænfaktoren,  $k_r$ , bestemmes ved:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

- $z_{0,II}$ : værdi for ruhedslængde for terrænkategori II, som sættes til 0,05 [Standard, 2014, kapitel 4.3.2]

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{1,0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,234$$

Ruhedsfaktor kan nu bestemmes til:

$$c_r(z) = 0,234 \cdot \ln\left(\frac{1,9}{1,0}\right) = 0,690$$

Middelvindhastigheden kan nu bestemmes til:

$$v_m(z) = 0,690 \cdot 1,0 \cdot 24 \frac{m}{s} = 16,569 \frac{m}{s}$$

Peakhastighedstrykket  $q_p$  i højden  $z$ , kan nu bestemmes til:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot 0,340] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \frac{kg}{m^3} \cdot (16,569 \frac{m}{s})^2 = 0,579 \frac{kN}{m^2}$$

På tabellen nedenfor ses værdierne for peakhastighedstrykket.

Vindretning/Højden	$q_p[\frac{kN}{m^2}]$ ved 16 m	$q_p[\frac{kN}{m^2}]$ ved 19 m
Vest	0,536	0,579
Øst	0,428	0,463
Nord	0,428	0,463

**Tabel 6.1.** Værdier for  $q_p[\frac{kN}{m^2}]$

Peakhastighedstrykket skal nu anvendes, for at bestemme vindlasten på taget.

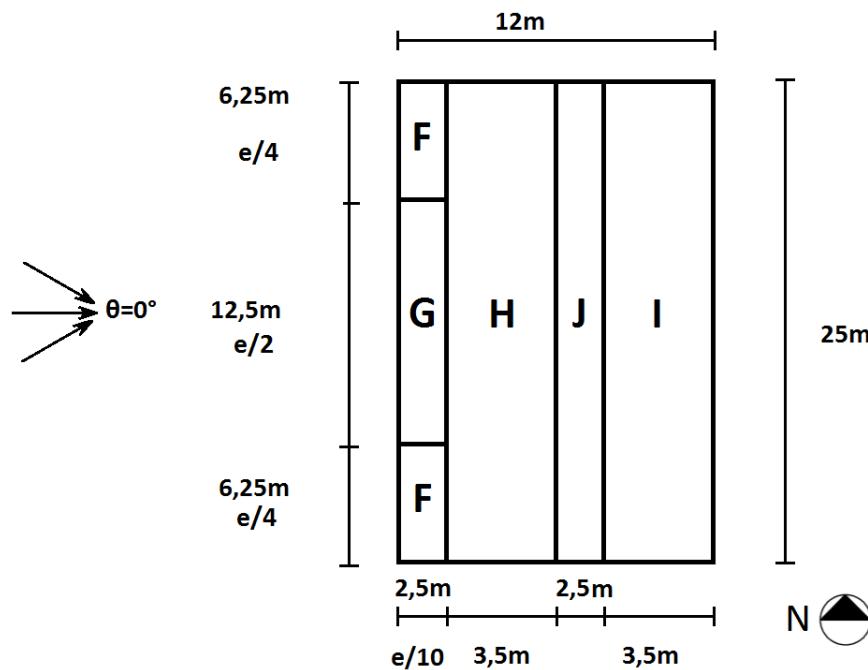
#### Vindtryk på tag

Vinden vil ramme Strøybergs Palæ fra alle fire retninger; nord, syd, øst og vest, men fordi det er en tilbygning, vil vinden fra syd have en meget lille værdi, og derfor laves der kun vindlast for vest, øst og nord.

Først bestemmes de karakteristiske vindlaster for zonerne, og derfor opstilles der nogle vindtilfælde, for at se, om bygningen påvirkes mest af tryk udefra eller sug udefra.

For vind på taget skal der regnes en vindkraft ud for den udvendige vindlast og den indvendige vindlast. Det antages, at Strøybergs Palæ har sadeltag, og det anbefales derfor at dele bygningen ind i zoner efter det nationale annekts. Bygningen tegnes i fuld størrelse, og derfor er den nuværende bygning også medregnet i målene. For vindretningen  $\theta = 0^\circ$  (gælder for vindretning fra vest og fra øst) skal bygningen deles ind som vist på Figur 7.2.

Når lasterne senere skal regnes om til linjelaster, ganges det med antal meter, som der er mellem hver af stængerne. Her ses der kun på tilbygningen, og derfor anvendes 6,25 m, da det er afstanden mellem de tre gitre. 6,25 m ud fra bygningens længde ligger præcis på skillelinjen mellem zonerne F og G, men som det senere ses, har disse zoner samme værdier ved det mest belastede tilfælde (Vi kan ikke sige det er det mest belastede???), og da længden ligeledes er ens, antages det, at de to zoner for at være identiske.



**Figur 6.9.** Opdeling af bygning, for vindretning fra øst og vest

Formfaktoren,  $c_{pe}$  kan bestemmes for taghældning på  $26,56^\circ$ , og der laves derfor lineær regression mellem  $c_{pe}$  værdierne og graderne 15 og 30, efter anbefaling af det nationale annekts for alle  $c_{pe}$  værdierne, som aflæses i [Standard, 2014, tabel 7.4a kapitel 7.2.5]. For  $\theta = 0^\circ$  skifter trykket hurtigt mellem positive og negative værdier i vindsiden, ved en taghældning mellem  $\alpha = -5^\circ$  til  $+45^\circ$ , og derfor skal der regnes for både positive og negative

formfaktorværdier.

Nedenfor er et beregningseksempel for beregning af formfaktoren.

#### Zone F for vind fra vest

Ud fra [Standard, 2014, tabel 7.4a kapitel 7.2.5] er de negative værdier for zone F: -0,9 og -0,5. Her ud fra fås ligningen, og  $c_{pe,10,neg}$  bestemmes:

$$f(\alpha) = 0,0267\alpha - 1,3 \rightarrow c_{pe,10,neg} = -0,592$$

De positive værdier for zone F er: 0,2 og 0,7. Her ud fra fås ligningen, og  $c_{pe,10,pos}$  bestemmes:

$$f(\alpha) = 0,0333\alpha - 0,3 \rightarrow c_{pe,10,pos} = 0,585$$

De beregnede værdier for formfaktoren ses i Tabellerne; 6.2 og 6.3.

De udvendige vindtryk beregnes ved formlen, som tidligere vist:

$$w_e = q_p(z_e)c_{pe}$$

De indvendige vindtryk skal nu bestemmes, da de virker på samme tid som de udvendige vindtryk. For invendig vintryk er der tale om begreberne sug og træk.

Når vindtrykket, både ind- og udvendigt, har retning mod overfladen, er der tale om tryk, som regnes positivt. Ved negative tryk, med retning væk fra overfladen, er der tale om sug.

Den indre vindlast virker altid i samme retning på alle indre overflader. Der kan derfor kun være enten tryk eller sug, og aldrig begge dele på samme tid.

Der findes to måder til bestemmelse af formfaktoren,  $c_{pi}$ , for indvendig vind. I dette projekt anvendes den forsimplede metode, hvor  $c_{pi}$  regnes til at være den mindst gunstige af + 0,2 og - 0,3 [Standard, 2014,Kapitel 7]. Værdierne for formfaktoren ses i Tabellerne 6.2 og 6.3.

Herefter kan de indvendige vindtryk beregnes ved formlen, som tidligere vist:

$$w_e = q_p(z_e)c_{pi}$$

For at bestemme nettovindtrykket, som bestemmes ud fra formlen nedenfor, skal der opstilles en række tilfælde for, hvordan sug og tryk kan virke i samspil.

Der opstilles fire vindkombinationer for hver vindretning:

1. Tryk udvendigt på FGH + sug for JI og invendigt sug
2. Tryk udvendigt på FGH + sug for JI og invendigt tryk

Zone/Formfaktor	Positiv ud.	Negativ ud.	Positiv ind.	Negativ ind.
F	0,585	-0,592	0,200	-0,300
G	0,585	-0,569	0,200	-0,300
H	0,354	-0,223	0,200	-0,300
I	0	-0,400	0,200	-0,300
J	0	-0,615	0,200	-0,300

**Tabel 6.2.** Værdier for  $c_{pe,10}$  på udvendige og indvendige tagoverflader for vind fra vest og øst, vindretning  $0^\circ = 180^\circ$  på taget

Zone/Formfaktor	Negativ ud.	Positiv ind.	Negativ ind.
F	-1,146	0,200	-0,300
G	-1,377	0,200	-0,300
H	-0,754	0,200	-0,300
I	-0,500	0,200	-0,300

**Tabel 6.3.** Værdier for  $c_{pe,10}$  på udvendige og indvendige tagoverflader for vind fra nord, vindretning  $90^\circ$  på taget

3. Sug udvendigt for FGH + tryk på JI og invendigt sug
4. Sug udvendigt for FGH + tryk på JI og invendigt tryk

Nedenfor laves et beregningseksempel med vind fra vest med vindkombination 1 zone F. De resterne værdier kan ses i Tabel 6.4.

Enheden skal være  $[\frac{kN}{m}]$ , og derfor ganges med længden mellem hver af vores stænger, som er 6,25 m.

$$w_F = (w_{e,F} - w_{i,F}) \cdot 6,25m$$

- $w_{e,F}$ : udvendig vindtryk for zone F
- $w_{i,F}$ : indvendig vindtryk for zone F

$$w_F = (q_{p,19m} c_{e,pos.ud.} - q_{p,19m} - c_{i,neg.ind.}) \cdot 6,25m = \\ (0,579 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,585 - 0,579 \frac{kN}{m^2} \cdot -0,300) \cdot 6,25m = 3,203 \frac{kN}{m}$$

For alle vindretningerne anvendes vindkombination 1 til videre beregning, hvor værdierne for indtryk på tagoverflader med tryk for udvendig vind fra vest og øst på F, G og H, og sug på I og J, mens der er sug fra nord på alle fire tagzoner og den indvendige vind er sug for alle.

Fra Tabel 6.4 ses, at værdierne for vest er større i forhold til for øst, og formodentlig også mere kritiske. Vind fra nord kan kun påvirke taget med sug, og dermed ses der i denne rapport bort fra denne. Derfor anvendes værdierne for vest til videre beregning i lastkombinationer, når der skal opstilles lastkombinationer for taget, og der ses fremover bort fra vind fra øst og nord på taget.

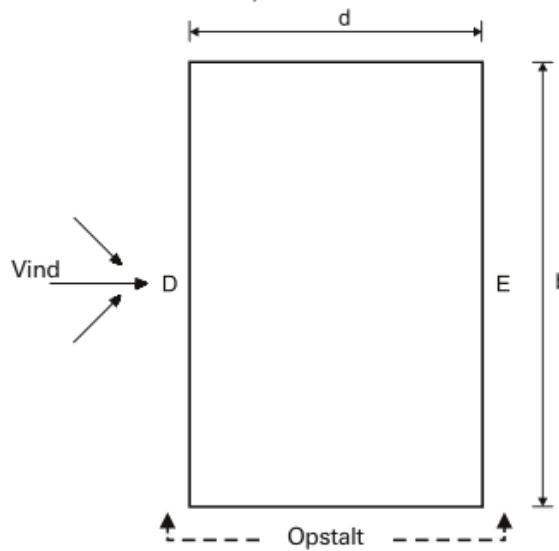
Zone/Vindretning, w [ $\frac{kN}{m}$ ]	Vest	Øst	Nord
F	3,203	2,563	-2,445
G	3,203	2,563	-3,804
H	2,367	1,893	-1,314
I	-0,362	-0,289	-0,579
J	-1,138	-0,910	-

**Tabel 6.4.** Værdier for nettovindtryk på tagetVindtryk på facaderne

Vinden vil også påvirke Strøybergs Palæ på dens facader og endegavle, og derfor skal vindlasten også beregnes for de lodrette vægge af bygningen.

Nettovindtrykket på facaderne beregnes som nettovindtrykket for taget, dog tages der udgangspunkt i [Standard, 2014, tabel 7.1]. Her skal længden af bygningen anvendes, og igen bruges den fulde længde af bygningen, der består af den nuværende bygning og tilbygningen, som er 25 m.

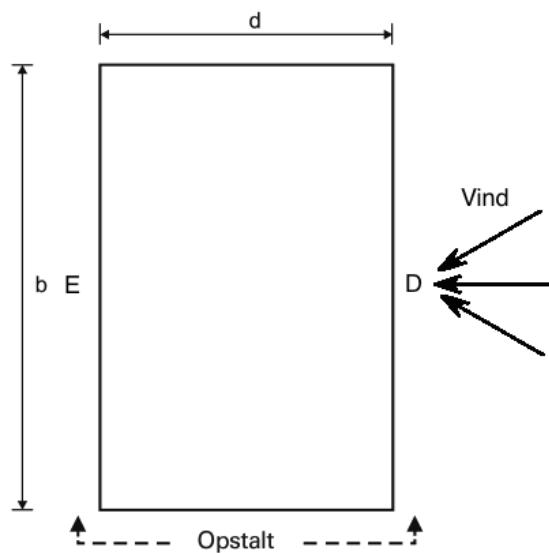
For vindretning  $\Theta = 0^\circ$  for vind fra vest og øst gælder at  $b = 25$  m,  $d = 12$  m og højden  $h = 16$  m på Figur 6.10 og 6.11. For vind fra nord gælder det at  $b = 25$  m og  $h = 16$  m.

**Figur 6.10.** Wind på facaden fra vest

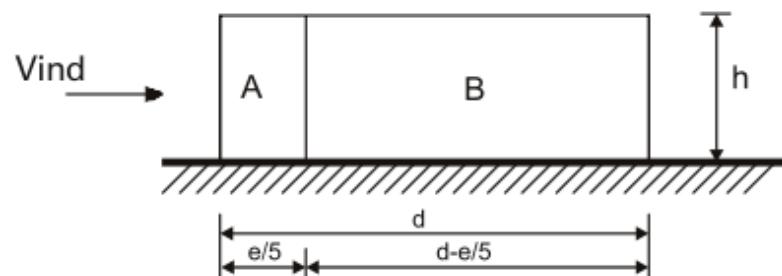
Bygningen deles op i zoner for vind fra vest og øst, som kan ses på Figur 6.12, mens den deles op i zoner for vind fra nord, der kan ses på Figur 6.13.

Ligesom for vind på tag opstilles der vindkombinationer for facaderne og gavlen:

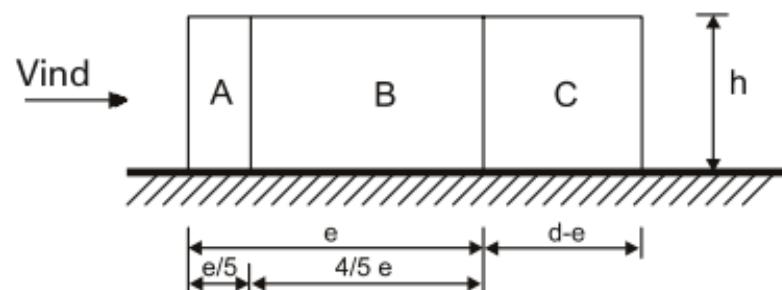
1. Tryk udvendigt på D og sug indvendigt
2. Sug udvendigt på E og sug indvendigt
3. Tryk udvendigt på D og tryk indvendigt
4. Sug udvendigt på E og tryk indvendigt



*Figur 6.11.* Vind på facaden fra øst



*Figur 6.12.* Zoner for vind fra vest og øst på facaderne



*Figur 6.13.* Zoner for vind fra nord på gavlen

Der arbejdes videre med vindkombination 1, hvor den udvendige vind virker som tryk på siden D og sug på siden E samt den indre vindlast er sug.

Værdierne for nettovindtrykket kan ses på Figur 6.7.

Zone/Formfaktor	$c_{pe,10}$ udvendig	$c_{pe,10}$ indvendig	
		Positiv	Negativ
A	-1,200	0,200	-0,300
B	-0,800	0,200	-0,300
D	0,800	0,200	-0,300
E	-0,517	0,200	-0,300

**Tabel 6.5.** Værdier for  $c_{pe,10}$  for vind fra vest og øst

Zone/Formfaktor	$c_{pe,10}$ udvendig	$c_{pe,10}$ indvendig	
		Positiv	Negativ
A	-1,200	0,200	-0,300
B	-0,800	0,200	-0,300
C	-0,500	0,200	-0,300
D	0,752	0,200	-0,300
E	-0,404	0,200	-0,300

**Tabel 6.6.** Værdier for  $c_{pe,10}$  for vind fra nord

Zone/Vindretning, w [ $\frac{kN}{m}$ ]	Vest	Øst	Nord
D	3,686	2,946	2,142
E	-0,726	-0,580	-0,953

**Tabel 6.7.** Værdier for nettovindtryk på siderne

Her ses, at værdierne for vest er størst, og formodentlig også mere kritiske. Derfor anvendes disse tal videre i lastkombinationer, når der skal opstilles lastkombinationer for taget, og igen ses der nu bort fra vind fra øst og nord for vind på siderne.

Disse linjelaster virker på højden af facaderne, der er siderne D og E, som hver er 16 m høje.

### Opsummering

Det er nu bestemt i denne rapport, at der fokuseres på vind fra vest, hvor der optræder forskellige udvendige laster, mens den indre altid optræder som sug. Lasterne er omregnet til linjelaster ved at gange med afstanden mellem vores rammer, hvilken er 6,25 m.

Systemet betragtes, hvor der laves beregninger for rammen i midten af konstruktionen, hvilken ligger 6,25 m inde på konstruktionen. Det betyder, rammen ligger mellem zone F og G (se Figur 7.2). Derfor udregnes et gennemsnit mellem værdierne for zonerne F og G ved vind på taget, da zonen E for siderne gælder for hele facaden. Dog ses det, at værdierne F og G for taget er ens, og dermed er gennemsnitsværdien lig værdien for F og G.

### 6.1.3 Nyttelast

Ud fra [Standard, 2014, tabel 6.2 kapitel 6.3.1.2] aflæses den jævnt fordelte last,  $q_k$ , for kategori A1, som er bolig og lokale adgangsveje, til at være  $1,5 \frac{kN}{m^2}$ . Denne last beregnes for alle etager på tilbygningen samlet set.

$$Q_{K3} = q_k \cdot A \cdot e \cdot t \cdot a$$

- A: arealet af én etage, som sættes til  $150,0 m^2$
- antal etager for tilbygningen er 5, men der ses bort fra kælderetagen

Nyttelasten kan nu bestemmes til:

$$Q_{K3} = 1,5 \frac{kN}{m^2} \cdot 150,0 m^2 \cdot 4 = 900,0 kN$$

## 6.2 Lastkombinationer

Den karakteristiske egenlast, jordlast, vindlast, snelast og nyttelast er bestemt for tilbygningen til Strøybergs Palæ. Derfor opstilles derfor en række forskellige lasttilfælde, for at beregne de regningsmæssige laster, som skal anvendes til beregningerne af reaktionskræfter for det statiske system af tilbygningen til Strøybergs Palæ.

Lastkombinationerne opstilles ved at betragte tilbygningen i tre dele; Taget, rammen mellem jorden og taget samt rammen under jorden. Disse deles ind i områder, da lasterne ikke virker ens på alle konstruktionsdeler, hvilket er illustreret på Figur (INDSÆT FIGUR AF OMRÅDER PÅ STATISK SYSTEM).

Ved et rigtigt byggeprojekt skal der opstilles lasttilfælde for alle tænkelige scenarier, som kan forekomme. For dette projekt er det dog ikke en mulighed, og derfor fokuseres der kun udvalgte tilfælde.

Formlen for den regningsmæssige last er:

$$E_d = \gamma_G K_{FI} G_K + \gamma_Q K_{FI} Q_K + \gamma_R \Psi_0 R_K$$

- $\gamma_G$ : Partialkoefficient for permanent last
- $K_{FI}$ : Konsekvensklasse
- $G_K$ : Karakteristisk værdi for permanent last
- $\gamma_Q$ : Partialkoefficient for variabel last
- $Q_K$ : Karakteristisk værdi for variabel last
- $\Psi$ : Kombinationsværdi af variabel last. Multiplieres den værdi, som ikke er dominerende

Der er lavet tre lasttilfælde for område 1; for henholdsvis egenlasten, snelasten og vindlasten dominerende. Snelasten dominerende er beregnet ved: VENT MED AT INDSÆTTE TIL DET ER GODKENDT AF JOHAN.

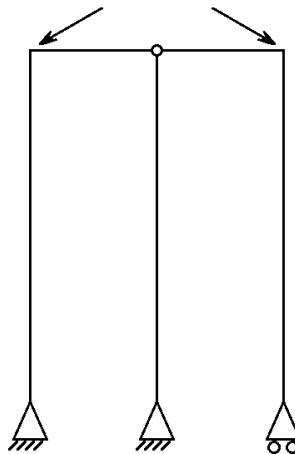
Nedenstående tabel viser resultaterne for hvert område, med skiftende dominerende laster.

INDSÆT TABEL MED VÆRDI FOR LASTTILFÆLDE!

## INDLEDNING

### 7.1 Reaktionskræfter

Reaktionskræfterne til det statiske system skal bestemmes. Der er opstillet en indvendig stålkonstruktion, se Figur 6.3, til optagelse af lasterne på bygning. Som det ses på figuren, indeholder konstruktionen tre rammer, der er opsat. På rammerne vil lasterne fra taget og etagedækkene optages. Taget i bjælkekonstruktionen er forbundet til den resterende del af konstruktionen via charnierledene. Belastningerne der virker på taget vil dermed kunne overføres til den resterende del af konstruktionen som funktlaster med angrebspunkt i kundepunkterne hvor charnierledene er, som kan ses på Figur 7.1.

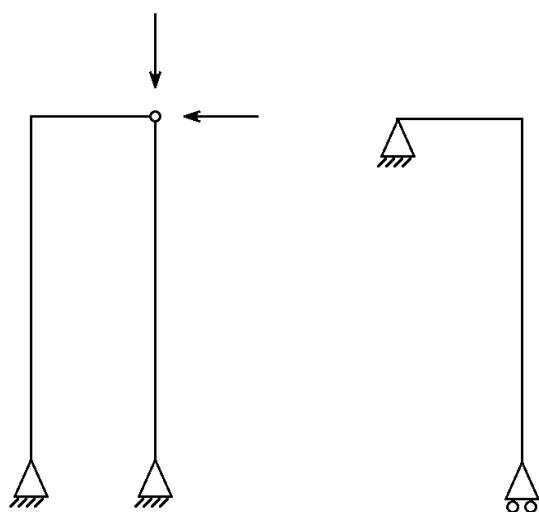


*Figur 7.1.* Laster fra taget optages i charnierledene

Når der beregnes reaktionskræfter for de tre understøtninger, er der behov for at opdele konstruktionen. Systemet opdeles i det midterste charnierled i henholdvis en højre- og venstre del, som ses på Figur 7.2. I skæringen mellem de to dele, vil der være snitkræfter men ikke momentkræfter, da momentet i charnierledet er nul. Dermed optræder der kun normalkraft,  $N$ , og forskydningskraften,  $V$ .

### 7.2 Snitkræfter

Både snitkræfter og snitkræftskurver.



*Figur 7.2.* Opdeling af det statiske system

### 7.3 Spænding

Spændingsfordeling af normalspænding og forskydningsspænding.

### 7.4 ...

Brudgrænsetilstand, nedbøjning mm?...

# Geoteknik 8

---

For at kunne dimensionere et fundament, er det vigtigt at have en grundlæggende viden om det materiale, der arbejdes med, altså jord, samt dets egenskaber og styrkeegenskaber. I det følgende vil der derfor foretages en beskrivelse af jord og dets styrkeparametre.

Efterfølgende....

## 8.1 Jord

### 8.1.1 Beskrivelse af jord og jordtyper

Jord er en massebetegnelse, da der findes mange forskellige typer af jordarter. Der findes to hovedgrupper af jord; rene mineraljordarter og organiske jordarter.

De rene mineraljordarter kan være sorterede eller usorterede. Mineraljordarterne kan blive sorteret ved vand- og vindaflejring, og kan blive til det, der kendes som grus, sand, silt og ler. De usorterede mineraljordarter aflejres primært ved gletsjeraflejring, og betegnes som morænejordarter kaldet till.[Thorsen, 1998]

Organiske jordarter består af organisk materiale i form af plante- eller dyrerester. Disse jordarter kendes som muld, tørv, gytje mm.[Miljøministeriet, a]

De forskellige jordtyper har forskellige egenskaber. Egenskaberne afhænger af kornstørrelserne, som angives ved kornets diameter, og herved kan de inddeltes i kornfraktioner[Ovesen et al., 2014]. For eksempel ses inddelingen af kornstørrelserne for nogle mineraljordarter på Figur 8.1 .

Sten og blokke	over	60	mm
Grusfraktion	60	- 2	mm
Sandfraktion	2	- 0.06	mm
Siltfraktion	0.06	- 0.002	mm
Ler fraktionen	under	0.002	mm

**Figur 8.1.** Inddeling af kornstørrelser (KILDE)

### 8.1.2 Jordtypernes udseende og dannelse

Grus- og sandjordarter skabes ved forvitring og erosion af materiale fra faste bjergarter. Materialet bliver herefter transporteret og aflejret via vind eller vand. Dette gør, at deres sammensætning bestemmes af udgangsmaterialet, men i lige så høj grad af transportmåden og transporttiden. Transporttiden kan gøre, at bløde dele af materialet opløses, samt at materialet får en afrundet kornform, og dette giver en mindre friktionsvinkel. Den relative store kornstørrelse ved grus og sandjordarter gør, at de har et groft porenet,

hvilket medvirker, at vandet bevæger sig let i materialet, dvs. at permeabiliteten er stor. Samtidig ved belastning af materialet sker der en vandudpresning, hvilket er en hurtig konsolidering.[Thorsen, 1998]

Grus- og sandjordarters styrkeegenskaber afhænger af friktionen mellem kornene, som afhænger af kornenes lejringstæthed, materialets enskornethed og kornenes enkelte form; om de er skarpkantet eller afrundet.[Thorsen, 1998]

Lerjordarter har alle et bestemt indhold af lermineraler. Indholdet af disse har en betydende indflydelse på lerjordartens egenskaber, også selvom de ikke udgør størstedelen af jordarten. Lermineralerne bliver til ved en kemisk forvitring af faste bjergarter. De mest betydende grupper af lermineraler er; kaolinit, smectit, illit og chlorit. Den kemiske sammensætning af lermineralerne kan være meget forskellige og har en stor betydning for de fysiske egenskaber.[Thorsen, 1998] Alle lermineralerne kan optage vandmolekyler, hvilket gør, at lerjordarter kan indeholde meget vand. Betydningen af vandet kan fysisk ses ved tilsætning af vand til lerjordarterne, som gør at de sveller og ligeledes svinder ved tørring. Hvis lerpartiklerne er placeret med kort afstand til hinanden, vil dette give jordarten en større styrke.[Thorsen, 1998] Ved at smadre jordarten formindskes jordartens styrke, men en del af denne styrke kan jordarten genvinde efter noget tid. [Thorsen, 1998]

Morænejordarter er typisk usorterede mineraljordarter, og kan derfor bestå af flere forskellige kornstørrelser. Fordelingen af dem kan skifte inden for korte afstande. Morænejordarter har normalt gode styrke- og deformationsegenskaber, da de er forbelastede.[Thorsen, 1998]

Organiske jordarters egenskaber er afhængige af de organiske bestanddeles art. De forskellige typer af organiske jordarter bliver dannet forskellige steder. Tørv og gytje bliver for eksempel dannet i moser, sører, bugter, fjorde mm, og dets styrke er ikke høj. Dette skyldes, at disse indeholder store mængder vand, da der ikke er faste partikler og at organiske materialer forsvinder med tiden. [Thorsen, 1998]

### 8.1.3 Jords styrke og stivhed

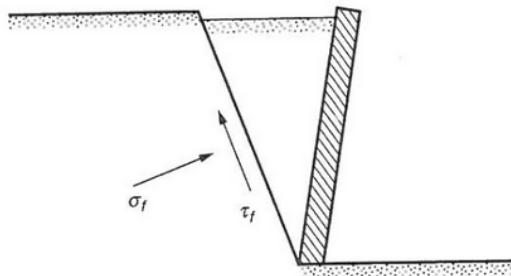
Jord betragtes, på lige fod med beton, stål osv, som et byggemateriale, da dens fysiske egenskaber er vigtige for konstruktions dimensionering.[Hansen, 1999]

Jordarterne har meget forskellige styrker, og inden for geoteknik kan jordarterne inddeltes i to forskellige typer. Den ene type er friktionsjord, for eksempel sand og grus. Den anden er kohæsionsjord med et indhold af mere end 10% lerfraktion. Friktionsjord er under stabil lejring næsten usammentrykkeligt, og hvis deformationer finder sted forskydninger eller gnidninger kornene imellem.[Hansen, 1999]

I kohæsionsjord kan kornskelettet være stabilt ved åbne strukturer, men kun ved små deformationer og belastninger, afhængig af forbelastning. Ved store belastninger er disse jordarter sammentrykkelige.

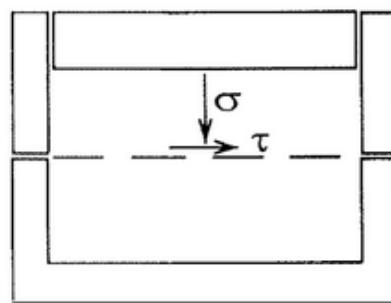
Med hensyn til jordarters styrke, benyttes begreberne træk- og trykstyrke normalvis ikke. I stedet for anvendes forskydningsstyrken. Denne anvendes da der ved brud i jorden, sker en forskydning af jordmasser. Når der sker et sådant brud, virker der normal- og forskydningsspændinger langs brudlinjen.[Ovesen et al., 2014] Forskydningsspændingen virker som en reaktion på jordmassens bevægelse nedad, og derfor er denne rettet skråt op ad. Normalspændingen, også kaldet brudspændingen, står vinkelret på brudlinjen, og regnes positiv ved tryk. Det vil være fordelagtigt at dele spændingen op i to bidrag; den

effektive brudspænding og poreovertryk, som er trykket i porerne [Ovesen et al., 2014]. Dette er illustreret på Figur 8.2.



**Figur 8.2. BILLEDTEKST**

For at finde brud i jord bruges en skæreboks, som er illustreret på Figur 8.3. Jordprøven lukkes inde i en kasse, som lodret kan lastes med en varierende normalkraft. Kassen er delt vandret på midten, og ved at trække i øverste halvdel skabes et veldefineret vandret brud. Derved kan værdierne for brud- og forskydningsspænding måles.[Hansen, 1999]



**Figur 8.3. BILLEDTEKST**

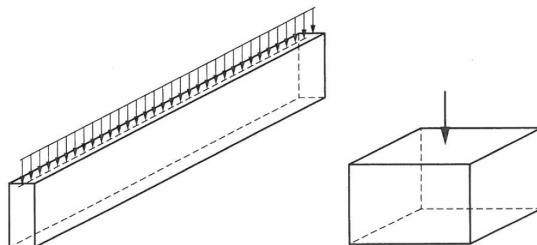
I kassen er jordprøven isoleret fra toppen og bunden via filtersten. Disse gør det muligt at kontrollere poretrykket, og således bestemme den effektive brudspænding. Ved forsøget findes der, at forskydningsspændingen består af to dele; kohæsionen og et friktionsbidrag. Kohæsionen er et konstant bidrag, og friktionsbidraget er proportionalt med den effektive brudspænding. Sammenhængen her kaldes for jordens brudbetingelse.[Ovesen et al., 2014]

## 8.2 Fundering

Et fundament er en del af et bygværk, hvor formålet er at overføre belastningen fra bygningen til underliggende, bærende jordlag. Der findes mange forskellige funderingsmetoder, for eksempel pælefundering og direkte fundering, og kan i nogle tilfælde kombineres. De to mest almindelige funderingsmetoder er pæle- og direkte fundering, hvilke vil blive omtalt i denne rapport.

Ved direkte fundering støbes fundamentet direkte på terrænet, hvor de bæredygtige jordlag findes relativt tæt under bygningen. Belastningen overføres fra bygningen til jorden igennem vandrette flader. Belastningen på fundamentfladen udgøres af fundamentets egenvægt og bygningens belastning. Hvis belastningen virker på en lang fundamentflade med

konstant bredde, er der tale om et stribefundament, der som regel bruges ved fundering af bærende vægge. Modsætningen hertil er punktfundamenter, som er rektangulære eller kvadratiske, og disse bruges for eksempel ved fundering af master, søjler og skorstene [Ovesen et al., 2014, s. 221]. Stribefundamentet og punktfundamentet er illustreret på Figur 8.4.



**Figur 8.4.** Stribefundament og enkeltfundament [Ovesen et al., 2014, s. 221]

Hvis de bæredygtige jordlag ligger mere end 4-5 meter under bygningen, anvendes ofte pælefundering. Ved pælefundering er søjleformede pæle af træ, beton, og/eller stål, rammet, presset, vibreret eller udstøbt i jorden. Pæleformen er normalt cylindrisk med cirkulært eller kvadratisk tværsnit. Pælefundering benyttes blandt andet når de bærende jordlag ligger så dybt, at direkte fundering vil blive uøkonomisk [Ovesen et al., 2014, s. 355].

Valg af funderingsmetode for tilbygningen til Strøybergs Palæ afhænger af jordbunds- og grundvandsforhold samt de belastninger, som konstruktionen er utsat for [Ovesen et al., 2014, s. 355]. Det er derfor nødvendigt at have kendskab til områdets geologi omkring Strøybergs Palæ, og at tolke på de boreprofiler, der bliver udført på stedet, hvilket vil gøres i forsøgene i Afsnit 8.4.

### 8.3 Antagelser

Idet Aalborg er funderet på meget blødt ler, benyttes boreprofiler fra Hals/Hou, og det antages, at disse boreprofiler er fra området ved Strøybergs Palæ.

Forsøgene er udført på baskarpsand fra Sverige, hvilket antages at være sandet fra boreprofilerne.

### 8.4 Forsøg

For at bestemme styrkeparametre for jorden udføres laboratorieforsøg, der bruges ved dimensionering af fundamentet.

Formålet med forsøgene er at bestemme friktionsvinklen, givet ved:

$$\varphi = 30^\circ - \frac{3}{U} + (14 - \frac{4}{U})I_D$$

- U: Uensformighedtal
- $I_D$ : Relativ lejringstæthed

Frikitionsvinklen  $\varphi$  er et mål for jords styrke, og skønnes ud fra sigteanalyse samt løs og fast lejring. Ved hjælp af nedenstående fire forsøg bestemmes friktionsvinklen, idet uensformighedstallet og den relative lejringstæthed bestemmes herudfra:

1. Vandindhold
2. Sigteanalyse
3. Kornvægtfylde
4. Løs og fast lejring

Tabeller over resultater, fremgangsmåde, apparaturliste samt fejlkilder for de enkelte forsøg findes i bilag A-D.

#### 8.4.1 Forsøg 1: Vandindhold

Formålet med forsøget “vandindhold” er at finde vandindholdet  $w$  i jordprøven. Vandindholdet er defineret som jordens vægtab i % af tørvægten ved tørring i et varmeskab ved en temperatur på 105°C. For naturligt forekommende jordarter kan vandindholdet ligge mellem nul og flere hundrede procent.

Vandindholdet beregnes ved:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \cdot 100\% = \frac{(W+sk)-(W_s+sk)}{(W_s+sk)-sk} \cdot 100\%$$

- $W_w$ : Vægten af vandet i prøven [g]
- $W_s$ : Vægten af det tørrede materiale [g]
- $W$ : Vægten af prøven før tørring [g]
- sk: Vægten af skålen [g]

Forsøget er udført to gange. De fundne værdier for de to udførte forsøg ses i tabellen i Bilag A. Vandindholdet for de to forsøg er beregnet til:

$$\text{Forsøg 1: } w = \frac{8102g - 8099g}{8099g - 3,07g} \cdot 100\% = 0,04\%$$

$$\text{Forsøg 2: } w = \frac{8983g - 89,79g}{89,79g - 3,11g} \cdot 100\% = 0,05\%$$

Ud fra de opnåede resultater, kan det konkluderes, at det benyttede materiale vurderes at være tørt og det meget lille vandindhold har ikke indflydelse på de øvrige resultater.

Til videre beregninger benyttes gennemsnittet for vandindholdet for forsøg 1 og forsøg 2, som er 0,04%. Dette skal bruges som et rent tal, som er 0,0004.

#### 8.4.2 Forsøg 2: Sigteanalyse

Formålet med “sigteanalyse” er at bestemme jordkornenes vægtmæssige fordeling efter størrelse i sand- og grusfraktion, for at beregne uensformighedstallet  $U$  for jorden:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

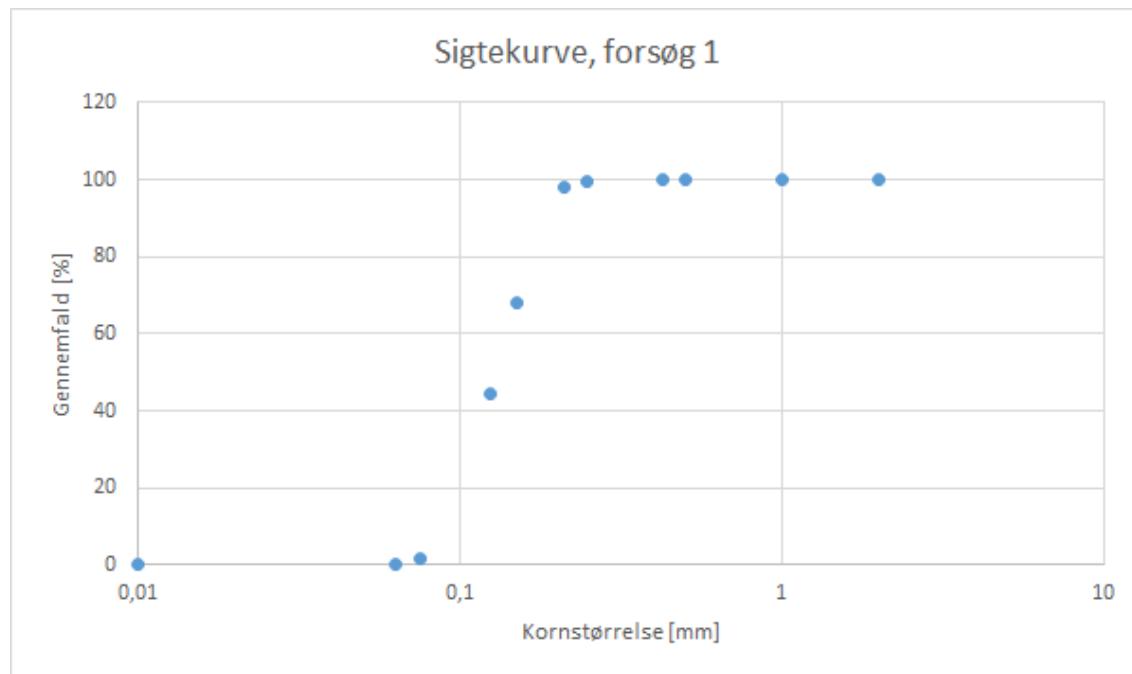
- $d_{60}$ : 60%-fraktilen
- $d_{10}$ : 10%-fraktilen

Uensformighedstallet fortæller, hvor velsorteret jorden er:

- Velsorteret:  $U < 2$
- Sorteret:  $2 < U < 3,5$
- Ringe sorteret:  $3,5 < U < 7$
- Usorteret:  $U > 7$

Forsøget er udført to gange, og der er derfor lavet en sigtekurve for hvert forsøg, og uensformighedstallet er udregnet for begge forsøg.

Det procentvise gennemfald i hver sigte er beregnet, og herudfra fås sigtekurverne vist på Figur 8.5 og Figur 8.6. Værdierne der er brugt til at finde det procentvise gennemfald findes i Bilag B.



**Figur 8.5.** Sigtekurve til forsøg 1

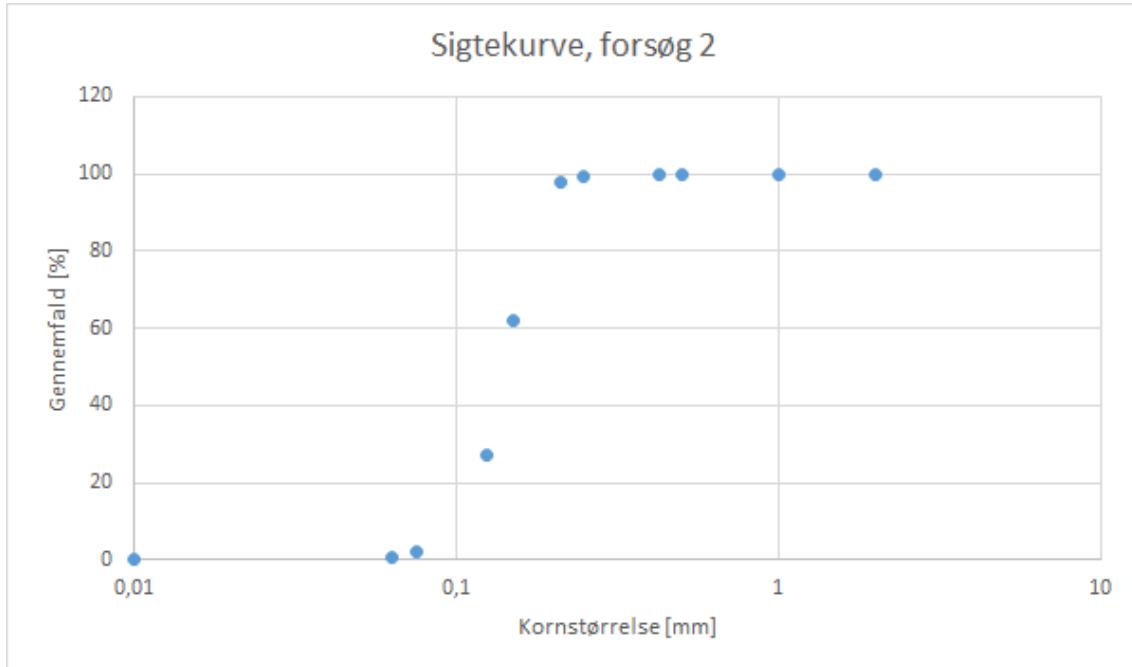
Uensformighedstallet for begge forsøg er beregnet, ved at lave lineær regression imellem henholdsvis 10% og 60% og derved finde 10%-fraktilen og 60%-fraktilen.

Ved det første udførte forsøg er 10%-fraktilen fundet ved at lave lineær regression imellem sigte med maskestørrelse 0,075 mm og 0,125 mm, hvor følgende ligning fremgår:

$$y = 862,42x - 63,223$$

For at finde 60%-fraktilen er der lavet lineær regression imellem sigte med maskestørrelse 0,125 mm og 0,15 mm, hvor følgende ligning fremgår:

$$d_{60} = 937,12x - 72,56$$



**Figur 8.6.** Sigtekurve til forsøg 2

Ved forsøg 1 er 10%-fraktilen og 60%-fraktilen hermed beregnet til:

$$d_{10} = 0,08 \text{ og } d_{60} = 0,14 \text{ mm}$$

Uensformighedstallet i forsøg 1 er derved:

$$U = \frac{0,14}{0,08} = 1,67$$

Ved forsøg 2 er 10%-fraktilen, 60%-fraktilen og uensformighedstallet beregnet til:

$$d_{10} = 0,91 \text{ og } d_{60} = 0,15 \text{ og } U = \frac{0,15}{0,91} = 1,64$$

Uddybbende beregninger er vist i Bilag B.

Til videre beregninger benyttes gennemsnittet af uensformighedstallet for forsøg 1 og forsøg 2, som er 1,65. Dette tal fortæller, at jorden er velsorteret, idet  $U < 2$ .

### 8.4.3 Forsøg 3: Kornvægtfylde

Formålet med "kornvægtfylde" er at finde den relative densitet  $d_s$ , også kaldet kornvægtfonden, for jordprøven. For jordarter uden organisk indhold kan kornvægtfonden variere fra 2,65 for rent kvartsand til 2,85 for visse lermineraler. I dette forsøg søges altså et resultat der ligger så tæt på 2,65 som muligt.

Kornvægtfonden beregnes ved:

$$d_s = \frac{W_s \rho_w^t}{(W_s + W_2 - W_1) \rho_w^{4^\circ}}$$

- $W_s$ : Vægten af tørt kornmateriale [g]
- $p_w^t$ : Densitet af luftfrit demineraliseret vand ved målte temperatur [ $\frac{g}{cm^3}$ ]
- $W_2$ : Vægten af pyknometeret fyldt med luftfrit demineraliseret vand [g]
- $W_1$ : Vægten af pyknometer fyldt med prøve og luftfrit demineraliseret vand [g]
- $\rho_w^4$ : Densitet af luftfrit demineraliseret vand ved  $4^\circ$ , som er  $1\frac{g}{cm^3}$

Forsøget er udført to gange, og resultater for de to forsøg kan findes i Bilag C. Kornvægtfylden for de to forsøg er beregnet til:

$$\text{Forsøg 1: } d_s = \frac{16127g \cdot 0.998 \frac{g}{cm^3}}{(16127g + 641,16g - 72889g) \cdot 1\frac{g}{cm^3}} = 2,19$$

$$\text{Forsøg 2: } d_s = \frac{15006g \cdot 0.998 \frac{g}{cm^3}}{(15006g + 615,97g - 70940g) \cdot 1\frac{g}{cm^3}} = 2,64$$

Resultatet fra forsøg 2 anvendes til videre beregninger, fordi resultatet fra forsøg 1 vurderes til at være for langt fra den ønskede værdi på 2,65. Grunden til den store afvigelse kan skyldes, at der blev anvendt ca. 161 g i forhold til, at der kun skulle være anvendt 150 g.

#### 8.4.4 Forsøg 4: Løs og fast lejring

Formålet med "løs og fast lejring" er at finde jordens relative lejringstæthed  $I_D$ . Lejrings-tætheden er et tal, som vokser fra 0 til 1, når lejringstætheden varierer fra den løseste til den fasteste lejring.

$I_D$  bestemmes ved:

$$I_D = \frac{e_{max} - e_{insitu}}{e_{max} - e_{min}}$$

- $e_{min}$ : jordens gennemsnitlige poretal for den fasteste lejring
- $e_{max}$ : jordens gennemsnitlige poretal for den løseste lejring
- $e_{insitu}$ : jordens naturlige poretal

Poretallet  $e$ , for henholdsvis den løseste og fasteste lejring beregnes ved:

$$e = \frac{d_s \rho_w V}{W_s} - 1$$

- $d_s$ : kornvægtfylde [rent tal], som er fundet i forsøg 3: kornvægtfylde, til 2,64
- $\rho_w$ : Vands densitet på  $1\frac{g}{cm^3}$
- $V$ : Volumen af materialet [ $cm^3$ ]
- $W_s$ : Vægten af tørt kornmateriale [g]

Der er udført fire forsøg for henholdsvis den løseste og den fasteste lejring. Poretallet for hvert enkelt forsøg kan aflæses i Bilag D. Det gennemsnitlige poretal er:

$$e_{min} = \frac{0.595 + 0.571 + 0.573 + 0.569}{4} = 0,577$$

$$e_{max} = \frac{0,873+0,875+0,874+0,873}{4} = 0,874$$

Herefter bestemmes jordens naturlige poretal  $e_{insitu}$  ved:

$$e_{insitu} = (1 + w) \frac{d_s \rho_w V}{W_s} - 1$$

- w: det naturlige vandindhold [rent tal], fra forsøg 1: vandindhold, til 0,0004

Dette er beregnet til:

$$e_{insitu} = (1 + 0,0004) \cdot \frac{264 \cdot 1,00 \frac{g}{cm^3} \cdot 26939 cm^3}{4214 g} - 1 = 0,691$$

Slutteligt kan den relative lejringstæthed  $I_D$  bestemmes til:

$$I_D = \frac{0,874 - 0,691}{0,874 - 0,577} = 0,617$$

#### 8.4.5 Friktionsvinklen

Efter udførelsen af de fire forsøg kan friktionsvinklen beregnes til:

$$\varphi = 30^\circ - \frac{3}{165} + (14 - \frac{4}{165}) \cdot 0,619 = 35,3^\circ$$

I Figur 8.7 ses det, at der kan trækkes henholdsvis 3 eller 5 grader fra friktionsvinklen eller lægges 1 eller 2 grader til friktionsvinkel, alt efter jordens type. Baskarpsandkornene er vurderet til at være afrundede, og derfor trækkes der 3 grader fra den friktionsvinkel, som er fundet ovenfor, og der fås en friktionsvinkel på  $32,3^\circ$ .

Friktionsvinklen sammenlignes med værdierne fra Figur 8.7. Der aflæses ud fra de  $32^\circ$ , hvor graderingen aflæses som værende enskornet, og lejringstætheden aflæses som værende middel. Hvilket vurderes til at passe med, at det anvendte sand blev vurderet til at være enskornet.

Gradering	Lejringstæhed	Løs	Middel	Fast
Enskornet		$27^\circ$	$32^\circ$	$37^\circ$
Middel		$29^\circ$	$35^\circ$	$41^\circ$
Uenskornet		$30^\circ$	$37^\circ$	$44^\circ$
Tillæg for :	Fint grus : $1^\circ$			
	Groft grus : $2^\circ$			
Frædrag for :	Afrundede korn: $3^\circ$ Meget runde korn: $5^\circ$			

**Figur 8.7.** Friktionsvinkel [Ovesen et al., 2014, s. 170]



# Konklusion 9

---



# Litteratur

---

- Aalborg, 2014a.** Business Aalborg. *Bedre Overblik, Temperaturmåling på erhvervslivet i Aalborg.* <http://www aalborg.dk/media/676544/BEDRE-Overblik-nr-1-2014.pdf>, 2014. Downloadet: 08.03.2015.
- Aalborg, 2014b.** Business Aalborg. *Ungdommens Aalborg.* <http://www aalborg.dk>, 2014. Downloadet: 08.03.2015.
- Aalborg.** Kulturbro Aalborg. *Formål med kulturbro-Aalborg.* <http://www.kulturbro aalborg.dk>. Downloadet: 25.02.2015.
- Aalborg Kommune, 23.11.2009.** Aalborg Kommune. *Bilag.* <http://www aalborgkommuneplan.dk>, 23.11.2009. Downloadet: 24.03.2015.
- Aalborg Kommune, 25.11.2013a.** Aalborg Kommune. *Om Kommuneplanen.* <http://www aalborgkommuneplan.dk>, 25.11.2013. Downloadet: 25.02.2015.
- Aalborg Kommune, 31.12.2006a.** Aalborg Kommune. *Planreddegørelse.* <http://www aalborgkommuneplan.dk>, 31.12.2006. Downloadet: 24.03.2015.
- Aalborg Kommune, 31.12.2006b.** Aalborg Kommune. *Kommuneplanrammer.* <http://www aalborgkommuneplan.dk>, 31.12.2006. Downloadet: 24.03.2015.
- Aalborg Kommune, 25.11.2013b.** Aalborg Kommune. *Retningslinjer.* <http://www aalborgkommuneplan.dk>, 25.11.2013. Downloadet: 24.03.2015.
- A/S, 2008.** Calum A/S. *Investeringsejendomme.* <http://www calum dk>, 2008. Downloadet: 05-03-2015.
- A/S et al., 2009.** Niras Konsulenterne A/S, Mette Glarborg Bahrenscheer, Kirstine Iversen, Peer Frank og Peter Frost-Møller. *Brug Havnen, Industrihavnens kulturarv.* ISBN: 978-87-91298-09-7, Handbook. Kulturarvsstyrelsen, 2009.
- Byggeri.** Dansk Byggeri. *Hvor går grænsen?* *Tømrer/træelementer/snedker/gulv/glas-lufacader.* <http://www danskbyggeri dk>. Downloadet: 04-05-2015.
- Clement og Andersen, 2014.** Karen Clement og Thomas Nørgaard Andersen. *Rekordmange optaget på videregående uddannelser - hver fjerde får afslag.* <http://www b dk/nationalt/> [rekordmange-optaget-paa-videregaaende-uddannelser-hver-fjerde-faar-afslag](http://rekordmange-optaget-paa-videregaaende-uddannelser-hver-fjerde-faar-afslag), 2014. Downloadet: 24-03-2015.
- Dansk Center for Byhistorie.** Dansk Center for Byhistorie. *Danske Købstæder: Aalborg - Historiske Befolkningsstal.* <http://byhistorie inet-designer dk>. Downloadet: 07.03.2015.

**Danske, 2014.** Redaktionen Den Store Danske. *Aalborg historie.*

[http://www.denstoredanske.dk/Danmarks\\_geografi\\_og\\_historie/Danmarks\\_geografi/Jylland/Jylland\\_-\\_byer/Aalborg/Aalborg\\_\(Historie\)](http://www.denstoredanske.dk/Danmarks_geografi_og_historie/Danmarks_geografi/Jylland/Jylland_-_byer/Aalborg/Aalborg_(Historie)), 2014.  
Downloadet: 25.03.2015.

**for Byhistorie.** Dansk Center for Byhistorie. *Danske Købstæder: Aalborg.*

<http://byhistorie.inet-designer.dk/>. Downloadet: 07.03.2015.

**for energibesparelser i bygninger, December 2014.** Videncenter for energibesparelser i bygninger. *Indvendig efterisolering af massive murede vægge.*  
<http://www.bryggeriogenergi.dk>, December 2014. Downloadet: 04-05-2015.

**Forvaltning, 1908-2015.** Aalborg Kommunes Tekniske Forvaltning. *Nyhavnsgade 9-11.*  
Bygesagsarkiv, 1908-2015.

**Frederiksen, 12-06-2008.** Susie Frederiksen. *Tunge indvendige vægge.*  
<http://www.bolius.dk>, 12-06-2008. Downloadet: 04-05-2015.

**Hansen, 1999.** Bent Hansen. *Geotekniske problemer.*  
<http://2dgf.dk/xpdf/gt1999-2-1-6.pdf>, 1999. Downloadet: 25-04-2015.

**Home, 2014.** Home. *Aalborg: Studiebolig med landets billigste 'husleje'.*  
<http://www.home.dk>, 2014. Downloadet: 26-03-2015.

**Johansen og Mathiasen, 2004.** Mette Johansen og Line Mathiasen. *Byomdannelse på Aalborg Østre Havn, Kampen om fremtiden.* Handbook. Aalborg Universitet, 2004.

**Junker.** Flemming Junker. *Rekordmange nye virksomheder i Aalborg.*  
<http://nordjyske.dk/artikel/rekordmange-nye-virksomheder-i-aalborg-300147e6-7380-429c-b37f-ec782b15de9a/112/1201>. Downloadet: 20-03-2015.

**Kommune, 21.11.2012.** Aalborg Kommune. *Alternativ rutenet i forbindelse med letbanen 1. etape.* <http://www aalborgletbane.dk>, 21.11.2012. Downloadet: 26-03-2015.

**Kommune, 25.11.2013a.** Aalborg Kommune. *Byerne - et godt sted at bo hele livet.*  
<http://www.aalborgkommuneplan.dk>, 25.11.2013. Downloadet: 24.03.2015.

**Kommune, a.** Aalborg Kommune. *Eternittens omdannelse.* <http://www.aalborg.dk>.  
Downloadet: 25.02.2015.

**Kommune, August 2006.** Aalborg Kommune. *Lokalplan 10-082.*  
<http://www.aalborgkommune.dk>, August 2006. Downloadet: 27.02.2015.

**Kommune, b.** *Aalborg Kommune.*

**Kommune, 25.11.2013b.** Aalborg Kommune. *Aalborg - den attraktive storby.*  
<http://www.aalborgkommuneplan.dk>, 25.11.2013. Downloadet: 25.02.2015.

**Kommune, 25.11.2013c.** Aalborg Kommune. *Det åbne land.*  
<http://www.aalborgkommuneplan.dk>, 25.11.2013. Downloadet: 24.03.2015.

**Kommune, Oktober 2012.** Aalborg Kommune. *Lokalplan 1-1-107.*

<http://www aalborgkommune.dk>, Oktober 2012. Downloadet: 25.02.2015.

**Kommune, 25.11.2013d.** Aalborg Kommune. *Nødvendige forbindelser - mobilitet.*

<http://www aalborgkommuneplan.dk>, 25.11.2013. Downloadet: 24.03.2015.

**Kommune, 25.11.2013e.** Aalborg Kommune. *Bæredygtighedprofil.*

<http://www aalborgkommuneplan.dk>, 25.11.2013. Downloadet: 24.03.2015.

**Kommune, c.** Vesthimmerlands Kommune. *Kommuneplantillæg.*

<http://www.vesthimmerland.odeum.com>. Downloadet: 25.02.2015.

**Kulturstyrelsen, a.** Kulturstyrelsen. *Hvad er bevaringsværdi?*

<http://www.kulturarv.dk>. Downloadet: 27.02.2015.

**Kulturstyrelsen, b.** Kulturstyrelsen. *Bygning: Gammel Havn 1.*

<http://www.kulturarv.dk>. Downloadet: 24-04-2015.

**Kulturstyrelsen, c.** Kulturstyrelsen. *Bygning: Nyhavnsgade 9.*

<http://www.kulturarv.dk>. Downloadet: 24-04-2015.

**Landsforening, 05.05.2014.** Kommunernes Landsforening. *Aalborg ønsker bedre image.*

<http://www.kl.dk>, 05.05.2014. Downloadet: 26-03-2015.

**Miljøministeriet, a.** Miljøministeriet. *Jordartsbestemmelse.*

<http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2001/87-7944-818-6/html/kap02.htm>.  
Downloadet: 01-05-2015.

**Miljøministeriet, b.** Miljøministeriet. *Kortlægning og områdeklassificering.*

<http://www.mst.dk>. Downloadet: 27.02.2015.

**Ovesen et al., 2014.** Niels Krebs Ovesen, Leif D. Fuglsang, Gunnar Bagge og Anette Krogsbøll. *Lærebog i Geoteknik.* ISBN: 978-87-502-1042-9, 2. udgave, 2. oplag. Polyteknisk Forlag, 2014.

**Rockwool.** Rockwool. *BD-60 Flexibatts.* <http://www.rockwool.dk>. Downloadet: 04-05-2015.

**Schouenborg, 08.09.2014.** Jesper Schouenborg. *Byråd vil have sporvogne i Aalborg.*  
<http://www.nordjyske.dk>, 08.09.2014. Downloadet: 26-03-2015.

**Spærfabrik, 01-07-2013.** Ringsted Spærfabrik. *Konstruktioner.*

<http://www.ringstedspaer.dk>, 01-07-2013. Downloadet: 04-05-2015.

**Standard, 2013.** Dansk Standard. *Forkortet udgave af Eurocode 0 - Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner.* ISBN: 978-87-7310-832-1, 2. udgave, 1. oplag. Fonden Dansk Standard, 2013.

**Standard, 2014.** Dansk Standard. *Forkortet udgave af Eurocode 1 - Last på bærende konstruktioner.* ISBN: 978-87-7310-882-6, 2. udgave, 1. oplag. Fonden Dansk Standard, 2014.

**Statistik.** Danmarks Statistik. *Danmarks Statistik befolknings tal Aalborg 2008-2015.* <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/selectvarval/saveselections.asp>. Downloadet: 20-03-2015.

**Thorsen, 1998.** Grete Thorsen. *Danske jordarter og deres egenskaber.* PDF, 1998.

**Træteknik.** Teknologisk Institut Træteknik. *Skovfyre.* <http://www.trae.dk>. Downloadet: 04-05-2015.

**Universitet.** Aalborg Universitet. *Campus Aalborg.* <http://www.sict.aau.dk>. Downloadet: 25.02.2015.

**Universitet, 2013.** Aalborg Universitet. *Fakta 2013.* <http://www.aau.dk>, 2013. Downloadet: 26-03-2015.

**Vejdirektoratet, 2011.** Vejdirektoratet. *3. Limfjordsforbindelse.* <http://www.vejdirektoratet.dk/DA/vejprojekter/limfjorden/Documents/H%C3%8B8ringsnotat%203.%20Limfjordsforbindelse.pdf>, 2011. Downloadet: 24-03-2015.

**VisitAalborg, a.** VisitAalborg. *Jomfru Ane Parken.* <http://www.visitaalborg.dk>. Downloadet: 25.02.2015.

**VisitAalborg, b.** VisitAalborg. *Karolinelund.* <http://www.visitaalborg.dk>. Downloadet: 25.02.2015.

**VisitAalborg, c.** VisitAalborg. *Musikkens Hus.* <http://www.visitaalborg.dk>. Downloadet: 25.02.2015.

**Øhrstrøm og Washuus, 2014.** Daniel Øhrstrøm og Dorte Washuus. *Smukke Studieboliger er en succes.* Kristeligt dagblad, page 1, 2014.

# Forsøg: Vandindhold

A

## Apparaturliste

- Vægt med vejenøjagtighed 0,01 g
- Skål i varme- og korrosionsbestandigt materiale
- Tørreskab med temperatur til 105°C

Partikel diameter $D_{90}$ [mm]	Minimum mængde af våd prøve [g]
1,0	25
2,0	100
4,0	300
16,0	500
31,5	1500
63,0	5000

## Fremgangsmåde

Først findes en ren og tør foliebakke som vejes, og vægten noteres som  $sk$ . Efterfølgende udtages en passende mængde jord, jf. ovenstående tabel. Dette anbringes i foliebakken, og det hele vejes omgående sammen, og noteres som  $W+sk$ .

Foliebakken anbringes nu i tørreskabet ved 105°C, og tørres fra fredag til mandag (normalt tørres det i 24 timer, da konstant vægt normalt er opnået efter dette tidsrum, hvilket også gøres her). Efter tørringen sættes foliebakken til afkøling i vacuumekssikator til rumtemperatur er opnået. Den afkølede foliebakke med den nu tørre jordprøve vejes  $W_s + sk$ .

## Resultater

Prøve nr.	1	2
$W+sk$ [g]	81,02	89,83
$W_s+sk$ [g]	80,99	89,79
$sk$ [g]	3,07	3,11
$W_w = (W + sk) - (W_s + sk)$ [g]	0,03	0,04
$W_s$ = $(W_s + sk) - sk$ [g]	77,92	86,68
w [%]	0,04%	0,05%

## Fejlkilder

Forskelligheden i de to prøveforsøg kan skyldes brugen af to forskellige vægte med forskellige størrelse usikkerheder. Andre fejlkilder er, at størrelserne på prøverne er forskellige, vægten

$W + sk$  har en difference på 8,81 g, samt der ikke er taget højde for tabel 1, så mængden af prøvemateriale sker ud fra anbefaling.

# Forsøg: Sigteanalyse

B

## Apparaturliste

- Sigter med mindst maskevidde på 0,063 mm
- Rystemaskine
- Vægt med vejenøjagtighed på 0,01 g
- Sigtebørste
- Skåle i korrosion bestandigt materiale

## Fremgangsmåde

Ved en sigteanalyse kan der både udføres en grovsigtning og en finsigtning. Grovsigtningen udføres, hvis materialet vurderes til at have partikler over 16 mm. I dette forsøg er der kun udført en finsigtning, da partiklerne vurderes til at være mindre end 16 mm. Sigtningen er udført på sigter fra 0,063 mm til 2 mm (sigtemålene kan ses i tabellen over resultaterne).

Først rengøres hver enkelt sigte forsigtigt med en sigtebørste, og herefter samles sigterne fra den største maskevidde øverst til bunden nederst. Det afmalte materiale hældes på sigten med den største maskevidde på 2 mm, hvorefter sigtetårnet placeres i rystemaskinen, og sigtes i 20 minutter.

Sigteresterne i hver enkelt sigte overføres til skåle og vejes. Hver sigte placeres med bunnen opad på et stort stykke papir, og der fejes let på bagsiden, således at materialet, der sidder fast i maskerne, løsnes.

Alle resultaterne skrives ind i nedenstående skema, hvorefter det procentvise gennemfald i hver sigte beregnes ved  $gennemfald[\%] = \frac{gennemfald[g]}{samletprve[g]} \cdot 100[\%]$ . Herefter optegnes en sigtekurve over resultaterne med det procentvise gennemfald af y-aksen i aritmisk skala, og kornstørrelse af x-aksen i logaritmisk skala. Herpå aflæses de to punkter der ligger mellem henholdsvis 10% og 60%, og der laves lineær regression imellem de to punkter. Herudfra kan 10%-fraktilen,  $d_{10}$ , og 60%-fraktilen,  $d_{60}$ , beregnes. Disse bruges til at udregne uensformighedstallet  $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

## Resultater

Forsøget er udført to gange. I Figur B.1 og Figur B.2 ses en oversigt over de resultater der er opnået i hvert forsøg.

## Beregninger

### Forsøg 2

60%-fraktilen og 10%-fraktilen beregnet, ved at lave lineær regression imellem sigte med maskestørrelse 0,125 mm og 0,15 mm, der ligger mellem henholdsvis 60% og 10% i sigtekurven.

Nedenstående ligning fås ved 10%-fraktilen:

Sigte [mm]	Maks last [g]	Skål + sigterest [g]	Skål [g]	Sigterest [g]	Gennemfald [g]	Gennemfald [%]
2	200	3,06	3,06	0	79,52	100
1	100	3,09	3,09	0	79,52	100
0,5	70	3,13	3,12	0,01	79,51	99,99
0,425		3,13	3,09	0,04	79,47	99,94
0,25	50	3,36	3,08	0,28	79,19	99,58
0,212		4,15	3,09	1,06	78,13	98,25
0,15		27,12	3,07	24,05	54,08	68,01
0,125	35	21,73	3,10	18,63	35,45	44,58
0,075		37,39	3,10	34,29	1,16	1,46
0,063	25	4,11	3,10	1,01	0,15	0,19
Bund		3,20	3,05	0,15	0	0
			Sumkontrol:	79,52		

**Figur B.1.** Tabel over resultater for det første udførte forsøg

Sigte [mm]	Maks last [g]	Skål + sigterest [g]	Skål [g]	Sigterest [g]	Gennemfald [g]	Gennemfald [%]
2	200	3,09	3,09	0	79,99	100
1	100	3,13	3,13	0	79,99	100
0,5	70	3,13	3,11	0,02	79,97	99,97
0,425		3,10	3,07	0,03	79,94	99,94
0,25	50	3,50	3,13	0,37	79,57	99,47
0,212		4,40	3,15	1,25	78,32	99,91
0,15		31,91	3,12	28,79	49,53	61,92
0,125	35	30,88	3,07	27,81	21,72	27,15
0,075		23,21	3,12	20,09	1,63	2,04
0,063	25	4,22	3,04	1,18	0,45	0,56
Bund		3,53	3,08	0,45	0	0
			Sumkontrol:	79,99		

**Figur B.2.** Tabel over resultater for det andet udførte forsøg

$$y = 502,31x - 35,635 \rightarrow d_{10} = 0,091$$

Nedenstående ligning fås ved 60%-fraktilen:

$$y = 1390,7x - 146,68 \rightarrow d_{60} = 0,15$$

Uensformighedstallet beregnes til:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,15}{0,091} = 1,64$$

### Fejlkilder

Sigteresterne kan ikke være børstet helt ud af maskerne, og alt materialet bliver dermed ikke vejet med. Derudover er det muligt, at sigterne ikke er blevet rengjort nok inden forsøgsstart, og der kan dermed sidde materiale fra anden prøve i maskerne, der bliver vejet med.

Ligeledes kan noget materiale kan være gået tabt under processen, idet partiklerne er meget små.

# Forsøg: Kornvægtfylde

C

## Apparaturliste

- Pyknometer
- Bægerglas
- Termometer med nøjagtighed  $0,1^{\circ}\text{C}$
- Vægt med vejenøjagtighed på  $0,001\text{ g}$
- Tørreskab, temperatur til  $105^{\circ}\text{C}$

## Fremgangsmåde

Dette forsøg laves med friktionsjord (tør metode). Der udtages en prøve af  $150\text{ g}$  tørstof, og dette placeres i et  $500\text{ ml}$  pyknometer. Pyknometeret fyldes ca. halvt op med luftfrit demineraliseret vand, og der drejes på pyknometeret for at undgå luftbobler. Derefter hældes der vand i, indtil vandet flyder over, når proppen sættes i. Proppen sættes i, og der sørges igen for, at der ikke er luftbobler til stede. Pyknometeret med materiale, vand og prop vejes og kaldes  $W_1$ , og beregnes altså ved  $W_1 = W_{pyk} + W_s + W_{vand}$ . Herefter måles temperaturen i pyknometeret, og temperaturen noteres. Dernæst aflæses  $W_2$  i et kalibreringsskema og noteres  $\rho_w^t$ .

## Resultater

	Forsøg 1	Forsøg 2
Pyknometer nr.	103	100
$W_1\text{ [g]}$	728,89	709,40
Temperatur $^{\circ}\text{C}$	22	23
$W_2\text{ [g]}$	641,164	615,967
$W_s\text{ [g]}$	161,27	150,06
$\rho_w^t\text{ [}\frac{\text{g}}{\text{mL}}\text{]}$	0,998	0,998
$d_s\text{ [}\frac{\text{g}}{\text{m}^3}\text{]}$	2,188	2,644

## Fejkilder

En fejkilde ved dette forsøg er luftbobler i pyknometeret. Derudover var det en del af forsøget at benytte en vacuumekssikator, men grundet manglende tid blev dette trin sprunget over. En anden fejkilde er, at der kan være forskellige temperaturer i pyknometeret, og udover disse fejkilder er der også måleusikkerheder, som eksempelvis når der tørstof og pyknometer skulle vejes eller temperaturen skulle måles. Ved forsøg 1 blev der vejet forkert og dette antages at være årsagen til det misvisende resultat.



# Forsøg: Løs og fast lejring

D

## Formål

Formålet med dette forsøg er, at bestemme hvor meget materiale der er tilbageholdt, som bruges til at finde lejringstætheden og poretallet af materialet.

## Apperaturliste

- Lille cylinder
- Tragt
- Stållineal
- Stamper passende til valgte cylinder
- Specialskydelære passende til valgte cylinder
- Vægt med vejenøjagtighed 0,01 g
- Sigte med maskevidde på 5 mm

## Fremgangsmåde

### Løs lejring

En delprøve af jordprøven er taget fra til forsøgene. Cylinderen placeres i bakken, og sigten anbringes i cylinderen. Materialet hældes forsigtigt op i sigten. Det skal glide ned ad kanten på sigten og videre i cylinderen. Der bruges tilstrækkeligt materiale til at cylinderen kan fyldes helt op. Sigten hæves nu forsigtigt op ad cylinderen. Det skal gøres over ca. et minut i en jævn og flydende bevægelse. Når alt materialet er hældt i cylinderen fjernes toppen med en stållineal således at materialet flugter med cylinderens overflade. Ved siden af cylinderen slåes der hårdt to gange i bordet, så materialet sætter sig. Materialet der eventuelt befinner sig på ydersiden af cylinderen børstes væk. Herefter vejes cylinderen og materialet, *Cyl + Ws*. Cylinderen tømmes for materiale, børstes og vejes *Cyl*. Dette gentages 3-4 gange.

### Fast lejring

Samme delprøve fra løs lejring bruges til fast lejring. Til fast lejring fyldes cylinderen op fordelt over fem gange. Mellem hver fyldning bliver materialet jævnet ud med en stållineal, og derefter stampes der. Antallet af slag stiger for hvert lag, der kommes i. Stamperen holdes lodret i cylinderen. Faldloddet føres op til stopklodsen for at slippes og foretage frit fald. For hvert 10. slag tages stamperen op, og børstes ren, for at sikre, at der ikke fastklemmes materiae mellem stamperen og cylinderens væg. Stamperens fod børstes for materiale som eventuelt skulle være presset mod. Inden det sidste lag stampes, skal der være ca. 5,0 mm fra materialet og til toppen af cylinderen. Efter sidste stampning fjernes det materiale, der eventuelt sidder fast på stamperen, og skydelæren sættes på kanten af cylinderen. Højden ned til materialet måles. Materialet, der eventuelt er på ydersiden af

cylinderen, børstes væk, og cylinderen med materialet vejes og noteres  $Cyl + W_s$ . Materialet fjernes og cylinderen børstes og vejes  $Cyl$ .

### Resultater for løs lejring

Prøve nr.	1	2
Areal [ $cm^2$ ]	10,0	10,0
Højde [cm]	7,0	7,0
Volume [ $cm^3$ ]	70	70
Cyl + $W_s$ [g]	340,45	340,46
Cyl [g]	241,99	241,99
$W_s$ [g]	98,55	98,47
$e_{max}$	0,873	0,875

Prøve nr.	3	4
Areal [ $cm^2$ ]	10,0	10,0
Højde [cm]	7,0	7,0
Volume [ $cm^3$ ]	70	70
Cyl + $W_s$ [g]	340,50	337,52
Cyl [g]	241,99	241,99
$W_s$ [g]	98,51	98,57
$e_{max}$	0,874	0,873

### Resultater for fast lejring

Prøve nr.	1	2
Areal [ $cm^2$ ]	10,0	10,0
Højde [cm]	6,5	6,575
Volume [ $cm^3$ ]	65	65,75
Cyl + $W_s$ [g]	349,48	349,31
Cyl [g]	241,99	238,95
$W_s$ [g]	107,49	110,36
$e_{min}$	0,595	0,571

Prøve nr.	3	4
Areal [ $cm^2$ ]	10,0	10,0
Højde [cm]	6,42	6,355
Volume [ $cm^3$ ]	64,2	63,55
Cyl + $W_s$ [g]	346,55	345,75
Cyl [g]	238,95	238,95
$W_s$ [g]	107,6	106,8
$e_{min}$	0,573	0,569

### Fejlkilder

I forsøg nr. 2 for fast lejring blev der fyldt for meget materiale i cylinderen. Derfor er der

taget noget ud efter de 80 slag, og herefter er der givet 10 ekstra slag, hvilket kan give anledning til et varierende resultat. Det ses også, at resultat  $W_s$  varierer lidt i forhold til de resterende forsøg.

Ved fast lejring forsøg 2 og 3 blev stampen ikke rengjort mellem hvert 10. slag. Dette kan have mindsket effekten af slagene, da kornene i cylinderen kan have givet friktion.