

Diplom afgangprojekt

Arktisk Teknologi

# Brugen af permafrostfundering i Grønland

31. juli 2014

Jonas Elgaard

S062367

Vejleder: Thomas Ingemann Nielsen

## Abstract

This thesis concerns foundations in permafrost in Greenland. The aim is to examine the bond to permafrost foundations in Greenland, and if it's based on facts or if it's a dogma. The project is developed from a historical aspect to clarify the relationship to permafrost foundations in the past and its influence on the relationship to permafrost foundation today. Furthermore, this thesis will determine whether permafrost foundations are relevant compared to other options.

Many engineers in Greenland have reasonable knowledge of permafrost foundations. However, the population's knowledge of permafrost is extremely limited. Many believe that there is permafrost in case of damage of any kind even though it is derived from the winter frost.

The construction of roads will not always be able to avoid having to pass through areas of permafrost in the Northern cities, and newer methods for building roads would be beneficial.

The development of laws, standards and guidelines within the permafrost area in Greenland does not live up to the standard of modern society. Today's laws do not help the engineers in performing better, and many engineers choose not take on projects concerning permafrost. This is due to of the lack of legislation which means that any errors will fall back to the engineer, as there are no standards for how the foundation should be built.

It is debatable what methods can be used for permafrost foundations in Greenland. However, permafrost foundations will only be relevant in colder areas with continuous permafrost such as Qaanaaq, Thule and Kangerlussuaq and areas close to the ice cap in the case of a future mining industry. Permafrost foundations in towns and settlements placed in areas without continuous permafrost are too risky. Temperatures are increasing and may continue to do so in the future.

It would be advantageous for urban life to be able to expand the cities without having to take areas with permafrost into account. However, at this time even foundations using correct methods do not guarantee the lifetime of the building, partly because the permafrost is already in the process of withdrawal, and partly because further temperature increases is to be expected with a certain probability.

## Indholdsfortegnelse

Abstract .....	1
1 Indledning.....	6
1.1 Problemformulering .....	6
1.2 Afgrænsninger .....	7
2 Metode .....	8
2.1 Dataindsamling.....	8
2.1.1 Interviews .....	9
2.1.2 Observationer.....	10
3 Permafrost.....	11
3.1 Permafrostproblematikken .....	14
3.1.1 Frysning.....	14
3.1.2 Icing.....	15
3.1.3 Optøning.....	17
3.2 Fænomener og landskabsformer .....	18
3.2.1 Flydning .....	18
3.2.2 Stencirkler.....	19
3.2.3 Iskiler.....	19
3.2.4 Pingo.....	20
3.2.5 Palsa.....	21
3.2.6 Thermokarst .....	21
3.2.7 Talik.....	22
4 Permafrostfundering .....	23
4.1 Generelle overvejelser.....	23
4.2 Funderingsmetoder .....	24
4.2.1 Pælefundament .....	24
4.2.2 Thermal shear pile .....	25

4.2.3	Fundering på punktfundament .....	25
4.2.4	Overfladefundering på gruspude .....	26
4.3	Passiv køling.....	26
4.3.1	Termosifon.....	26
4.3.2	Isolering .....	27
4.3.3	Løftede konstruktioner, pæle og krybekældre.....	27
4.3.4	Ændring af jordoverfladerne .....	28
4.3.5	Opfyldning .....	28
4.3.6	Ventilation .....	28
4.4	Aktiv køling .....	28
4.4.1	Kunstig frysning .....	28
4.4.2	Aktiv ventilation.....	29
5	Byggehistorien på Grønland .....	30
5.1	Byggeri på permafrost .....	31
5.2	Infrastruktur .....	34
5.2.1	Ledninger .....	35
5.2.2	Veje.....	36
5.3	Styrelsen (1925 - 1950).....	38
5.4	Opstarten af Grønlands Tekniske Organisation – GTO (1950 - 1987) .....	38
5.5	Klima .....	40
5.6	Sammenholdt med de øvrige arktiske lande.....	42
6	Projekter gennem tiden:.....	43
6.1	Sisimiut .....	43
6.1.1	Den gamle kirke .....	43
6.1.2	Halvvejshuset.....	45
6.1.3	De syv små hjem .....	46
6.1.4	Alderdomshjemmet.....	48

6.1.5	KGH-butik og bageri.....	49
6.1.6	Blok 12 .....	50
6.1.7	Permafrostvejen .....	50
6.1.8	Andre projekter .....	51
6.2	Kangerlussuaq .....	53
6.2.1	Rørlægning.....	55
6.2.2	Almindelig parcelhusfundering.....	55
6.2.3	Nødhotellet.....	56
6.2.4	Den nye terminalbygning .....	58
6.3	Ilulissat.....	58
6.3.1	Knud Rasmussens hus.....	58
6.3.2	KNI-butikken .....	58
6.3.3	4 bygninger i dalen .....	59
6.3.4	Prøvevejen .....	61
6.3.5	Lufthavsvejen .....	61
6.3.6	Vejen gennem midtbyen .....	62
6.3.7	Det lokale Toyota værksted.....	62
6.4	Thule .....	63
6.5	Qaanaaq.....	64
6.5.1	Butikken.....	64
6.5.2	Lufthavnshallen .....	64
6.5.3	Fundering af skolen .....	64
6.5.4	Nyt boligprojekt.....	65
6.6	Erfaringer.....	65
6.6.1	Samarbejde mellem entreprenører og ingeniører .....	65
6.6.2	Når det går galt.....	65
7	Byggelovgivning gennem tiden.....	67

7.1	Praktisk brug ved fundering .....	68
7.2	Gældende lovgivning 2014 .....	69
8	Diskussion .....	72
9	Konklusion .....	76
10	Litteraturliste .....	78
10.1	Bøger .....	78
10.2	Hjemmesider .....	78
10.3	Interviews .....	79
10.4	Publikationer .....	80
10.5	Reglementer .....	80
11	Bilagsoversigt .....	81
11.1	Bilag A .....	82
11.2	Bilag B .....	83
11.3	Bilag C .....	85
11.4	Bilag D .....	86
11.5	Bilag E .....	88
11.6	Bilag F .....	89
11.7	Bilag G .....	91

# 1 Indledning

Det har altid været mit indtryk, at fundering på permafrost er et emne, som mange ingeniører, entreprenører og bygherrer helst går en stor bue uden om i Grønland. I 1957 blev der af Grønlands Tekniske Organisation udarbejdet en vejledning i fundering på permafrost. Denne vejledning er den dag i dag stadig den, der bliver henvist til. Men er vejledningen god nok, og lever den trods sin alder stadig op til den viden, der er omkring permafrostfundering i dag?

Der har gennem tiden været en række uheldige hændelser, hvor bygningsværker er gået tabt grundet manglende viden omkring permafrost og de metoder, der skal bruges for at lave et sikkert fundament. Har disse hændelser påvirket byggemønsteret i Grønland, så man den dag i dag bevist undgår at udbygge ellers attraktive arealer udelukkende grundet tilstedeværelsen af permafrost?

Ovenstående skaber et solidt fundament for et interessant afgangprojekt omhandlende permafrostfundering i Grønland. Afgangsprojektet vil fremlægge historisk data omkring hvilke tilgange, der gennem tiden har været til byggeri på områder med permafrost i Grønland. Afgangsprojektet tilstræber desuden at klarlægge hvorvidt de nuværende metoder for permafrostfundering er hensigtsmæssige, og hvorvidt lovgivningen omkring fundering på permafrost er tilstrækkelig.

Afgangsprojektet baserer sig på empiri i form af observationer og interviews af relevante personer med tilknytning til permafrostfundering i Grønland samt andet relevant datamateriale.

## 1.1 Problemformulering

På baggrund af ovenstående introduktion vil dette afgangprojekt undersøge følgende:

*”Hvilket forhold er der til permafrostfundering i Grønland, og er dette forhold den skindbare sandhed eller et dogme?”*

I forbindelse med besvarelsen af ovenstående problemformulering vil følgende underspørgsmål ligeledes undersøges:

- Hvordan funderes der på permafrost i Grønland?
- Hvilken udvikling har der været af permafrostfundering?
- Hvilken effekt har historien indenfor permafrostfundering i Grønland haft på det byggemønster, man følger?
- Har udviklingen i permafrostfundering i Grønland fulgt den globale udvikling i permafrostfundering?
- Lever udviklingen i love, forskrifter og anvisninger op til den samfundsstruktur vi i dag lever i?

## 1.2 Afgrænsninger

Dette afgangsprøjekt har til formål at undersøge forholdet til permafrostfundering i Grønland.

Grønland har gennem det sidste århundrede gennemgået en omfattende forandring – en forandring fra at være et primitivt samfund baseret på fangst og fiskeri til i dag at være et topmoderne samfund på højde med resten af den vestlige verden. Den hurtige udvikling har betydet, at befolkningen på nogle områder har haft svært ved at følge med den teknologiske udvikling. Dette afgangsprøjekt fokuserer netop på udvikling i forbindelse med permafrostfunderinger. Dette er et aspekt, jeg finder afsindigt spændende, da den historiske tilgang til fundering i permafrost i Grønland må tænkes at være væsentlig for den tilgang, man har til funderinger i permafrost i dag.

Jeg har valgt at skrive om fundering i permafrost, fordi jeg mener, at dette er et utroligt spændende emne, da det er et af de få emner, hvor alle afkroge af muligheder endnu ikke er udforsket. Derudover er det også min overbevisning, at permafrost er et fænomen, som alt for få mennesker i Grønland forholder sig til og rent faktisk ved, hvad er. Jeg ønsker derfor at kunne belyse dette emne og viderebringe denne viden omkring permafrost.

## 2 Metode

I følgende afsnit vil dataindsamlingsmetoden identificeres og forklares. Følgende underafsnit vil omhandle, hvordan dataindsamlingen fandt sted, hvordan interviewsene blev planlagt og gennemført, og hvordan observationerne blev foretaget.

### 2.1 Dataindsamling

Til udarbejdelsen af dette afgangsprøve valgte jeg at foretage en felttur til Grønland med henblik på at interviewe personer med kendskab til permafrostfundering i Grønland og for at kunne observere tilfælde af fundering på permafrost på egen hånd. Felturen foregik over flere byer i Grønland med personer med forskellig erfaring inde for permafrost for at opnå et så eksakt og varieret billede af permafrost i Grønland som muligt.

Jeg begyndte min felttur i Nuuk fra d. 17. juni – 23. juni 2014, hvor jeg interviewede:

- Rådgivende ingeniør hos Orbicon, Inooraq Brandt
- Civilingeniører hos Inuplan, Søren Christian Frederiksen og Jan Thomas Hansen
- Byggetekniker hos Rambøll, Henrik Larsen
- Civilingeniør hos Rambøll, Niels Vallentin

Herefter tog jeg videre til Sisimiut fra d. 23. juni – 26. juni 2014, hvor jeg interviewede:

- Akademiingeniør hos Rambøll, Jørn Hansen
- Ingeniør hos Rambøll, Jørn Thomsen
- Leder af Anlægsafdelingen i Qeqqata Kommunia, Niels Mønsted
- Direktør og ejer af entreprenørvirksomhed hos Gustav Hansen, Gustav Hansen

Fra d. 26. juni – 27. juni 2014 var jeg i Kangerlussuaq, hvor jeg interviewede:

- Direktør for Kang-Total-Byg, Jørgen Mortensen
- Kommuneingeniør for Qeqqata Kommunia, Fritz Baumann

Afslutningsvist var jeg i Ilulissat d. 27. juni – 2. juli 2014, hvor jeg interviewede:

- Ejer af entreprenørvirksomhed Sannassisoq, Knud Andersen
- Pensioneret ingeniør, Tom Fussing
- Pensioneret kommuneingeniør Anders Ejsted Jensen
- Byplanlæggere i Qaasuitsup Kommunia, Julie Tange og Nynne Jørgensen

Udover at foretage interviews i de forskellige byer foretog jeg også observationer for at finde eksempler på fundering i permafrost.

Al data brugt i dette afgangsprøje er af kvalitativ art. Dette skyldes projektets vinkel på emnet permafrost i Grønland, hvor der primært fokuseres på, hvordan de historiske hændelser inde for fundering i permafrost i Grønland har haft en effekt på fundering i permafrost i Grønland i dag. Det er derfor vurderet, at det ikke vil være relevant at benytte kvantitative data til dette afgangsprøje.

### 2.1.1 Interviews

Der er foretaget 13 interviews til udarbejdelsen af dette afgangsprøje. Disse interviews er bestående af de 11 interviews beskrevet i afsnit 2.1 samt to interviews, som udførtes inden feltturens begyndelse. Disse to interviews var med professor imiritus Niels Foged og projektchef fra Niras, Henrik Mai.

Da dette projekt i høj grad omhandler historisk viden omkring permafrostfundering i Grønland, valgte jeg at forberede interviewsene på forhånd i form af forberedte spørgsmål, men det var samtidigt vigtigt for mig at have mulighed for at holde interviewsene meget fleksible, så de interviewede havde mulighed for at fortælle så mange beretninger om permafrost som muligt. Denne interviewform kan derfor kategoriseres som et delvist struktureret interview, da jeg havde noget viden omkring permafrostfundering inden interviewsene, men hvor jeg stadig ønskede et fleksibelt interview [Andersen, 2010, p169].

Inden begyndelsen af feltturen havde jeg på forhånd arrangeret nogle interviews med personer, jeg på forhånd vidste, havde kendskab til permafrostfundering. Jeg valgte at booke ekstra tid i de forskellige byer udover de planlagte interviews, så der var plads til ekstra interviews, der kunne planlægges med kort tids varsel. Jeg valgte denne løsning grundet mit kendskab til, at folk i Grønland ofte hurtigt kan henvise til en bekendt, som har mere viden omkring permafrostfundering i Grønland, og grundet mit kendskab til den afslappede planlægningskultur i Grønland, hvilket gør det muligt at planlægge møder med kort tids varsel. Der var dog nogle forhindringer i planlægningen af interviewsene i Grønland, da min felttur lå i samme periode, som mange folk vælger at holde ferie i. Dog vurderer jeg, at jeg gennem mine interviews har opnået viden nok til at kunne undersøge og besvare problemformuleringen for denne opgave.

Inden hvert interview præsenterede jeg mig selv, mit projekt og formålet med interviewet. Jeg foretog alle interviews i person på nær interviewet med Fritz Baumann, som blev foretaget over telefon, da det ikke var muligt at foretage interviewet i person. De fleste interviews blev optaget ved brug af min mobiltelefon med de interviewedes godkendelse. De interviews, der ikke blev optaget, er summeret og kan findes i bilagene. Af de optagne interviews er interviewet med Niels Foged blevet transskriberet, som ligeledes kan findes i bilagene. De øvrige optagne interviews kan udgives som lydfil efter ønske.

### 2.1.2 Observationer

Gennem min felttur valgte jeg at foretage observationer af fundering på områder med permafrost. Dette valgte jeg for også at kunne opleve permafrostfundering på egen hånd udover det fortalte fra interviews og lærebøger. Observationerne gav mig derudover også mulighed for selv at kunne dokumentere projekter med permafrostfundering i form af billedokumentation.

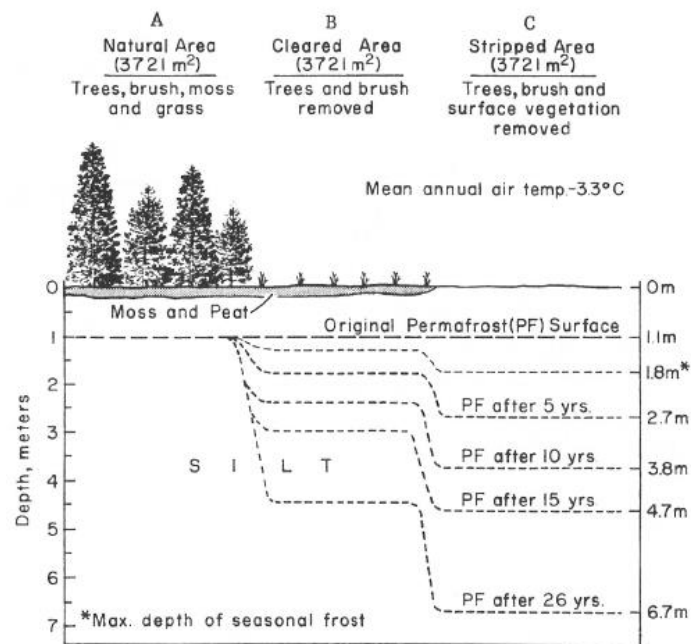
### 3 Permafrost

Der findes mange typer af frost, når der er tale om frost i de jordlag, man skal bygge og anlægge på. Disse kan dog alle deles op i to overordnede kategorier: permafrost og vinterfrost. Vinterfrosten er den frost, der kommer i løbet af vinteren og smelter igen i løbet af sommeren. Dette lag kaldes også for aktivlaget. Permafrosten er en konstant vedvarende frost og defineres ved undergrund med en temperatur på under 0°C to år i træk [Davis, 2000, p2]. I flere fagbøger skriver man dog to vintre og den mellemlæggende sommer som definition af permafrost. Denne definition er dog ikke så fyldestgørende, da man i givet fald, så ville kunne have permafrost på "årsbasis" [Niels Vallentin, 20. juni 2014].

Mange tænker på isindhold, når de tænker permafrost. Dette er dog ikke en forudsætning, da vand med et saltindhold vil fryse ved en lavere temperatur end 0°C. Man kan derfor godt have permafrost uden frosset vandindhold. Ligeledes kan der være permafrost i fjeld, hvor der ikke er et vandindhold, eller i tørt sand [Davis, 2000, p3].

Ordet permafrost er en sammensætning af de engelske ord "permanent" og "frozen", som på dansk oversættes til permanent og frossent. Det bliver brugt i videnskaben til at beskrive alle former for permanent frossen jord [Davis, 2000, p3]. Permafrost oversat til grønlandsk bliver bare til "frossen jord", hvilket kan være med til at skabe misforståelser. Der er blandt andet sendt en del selvbyggerhuse til Sydgrønland bestilt med permafrostfundamenter [Jørn Thomsen, 24. juni 2014].

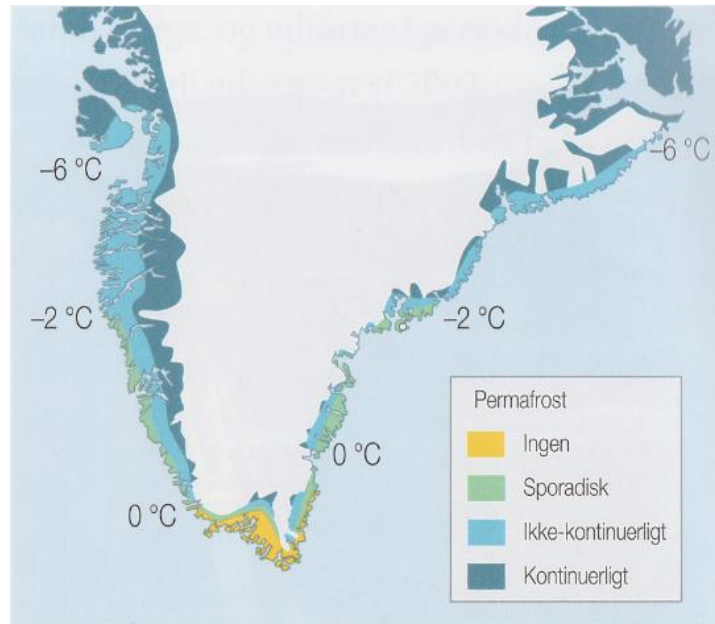
Permafrost dækker cirka 24 procent af landjorden på den nordlige halvkugle og findes typisk i områder, hvor den årlige middeltemperatur er under 0°C [Jones et al., 2009, p23]. Tykkelsen af permafrostlaget afhænger meget af både middeltemperatur, soltimer, vindforhold, nedbør (herunder snemængder), vegetation, jordlag, hældning og orientering af overfladen [Davis, 2000, p3-6]. Figur 3-1 viser et forsøg fra Canada, hvor man på 3 identiske områder med samme geologi har fjernet vegetationen helt eller delvist i to af dem og så registreret forskellene [Andersland et al., 2004, p61]. I Grønland findes permafrosten fra helt tynde lag i de sydlige kystbyer til meget tykke lag i Nordgrønland. Figur 3-1 er interessant, da det kan ses at permafrost spejlet er sænket til 2,7 meter under terræn, efter 5 år. Men aktivlaget går kun til 1,8 meter under terræn. Altså er der et lag mellem 1,8 og 2,7 meter, der aldrig fryser. Ser man på, hvordan dette ser ud efter 26 år, ses det, at der stadig er permafrost fra en dybde af 6,7 m i område C og cirka 4,7 m i område B. Altså, kan der mange år efter, at man registrere permafrost under et aktivt lag, stadig befinde sig permafrost dybere nede. Dette er bestemt noget, der skal tages i betragtning, hvis man vil bygge på sletter med tykke sedimentlag, da den dybtliggende permafrost stadig kan forårsage store sætninger.



Figur 3-1 Forsøg med vegetationens betydning for permafrosten og aktivlaget  
 Kilde: [Andersland et al., 2004, p61]

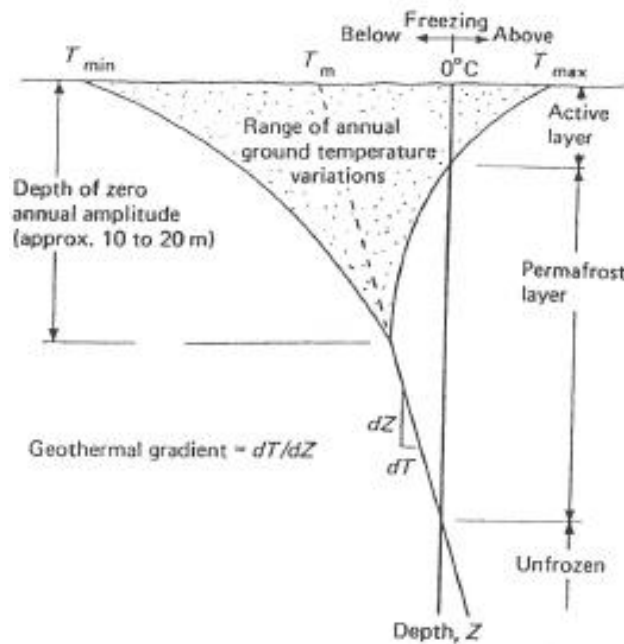
Permafrosten deles typisk ind i 3 kategorier: 1) sporadisk permafrost, hvor permafrosten kun findes i begrænset udstrækning, 2) diskontinuert permafrost, som er en overvejende sammenhængende permafrost, ofte kun brudt af elve, søer eller vegetationsløse overflade, og 3) den kontinuerlige permafrost der ikke er brudt og kan nå meget store dybder [Steenfos et al., 2012, p296]. I Sibirien i den arktiske del af Rusland er permafrosten registreret helt ned til 1450 meter under terræn [Davis, 2000, p3].

På Figur 3-2 ses et overblikskort, der viser grænserne mellem de forskellige typer permafrost i Grønland. Områder, der ligger nordligere, end hvad der er på kortet, har kontinuerlig permafrost. Kort som dette laves typisk ud fra klimamodeller og årsmiddeltemperatur. Derfor skal kort som dette kun ses som vejledende [Steenfos et al., 2012, p296].



**Figur 3-2 Oversigtskort over permafrosten i Grønland**  
 Kilde: [Steenfos et al., 2012, p296]

Temperaturen af permafrosten kan bestemmes ved temperaturmåling af en borekerne eller ved målinger i en sonde nede i et boret hul. Hvis man har en datalogger, der kan lave målinger i flere forskellige dybder over et helt år, kan man opstille det, man kalder for en trompetkurve (Figur 3-3). Trompetkurven viser det maksimale temperaturudsving på X-aksen, hvor skæringen med Y er 0°C. Hullets dybde er på Y-aksen. I øverste skæring mellem Y-aksen og  $T_{\max}$  kan dybden for aktivlaget bestemmes. I skæringen mellem Y-aksen og  $T_{\min}$  kan dybden af permafrosten aflæses.  $T_{\min}$  og  $T_{\max}$  vil ofte samles forholdsvis hurtigt og danne en nogenlunde ret linje, hvor temperaturen stiger med dybden. Denne rette linje viser den termiske gradient for området [Andersland et al., 2004, p7].



Figur 3-3 Trompetkurve, viser temperaturfordelingen i permafrosten  
Kilde: [Andersland et al., 2004, p7]

### 3.1 Permafrostproblematikken

Frost og fundering har altid været en kombination, der giver anledning til problemer. I lande med klimaer, hvor man har vinterfrost, har man dog langt hen af vejen kunne løse problemerne ved at fundere i frostfri dybde. Når man kommer op i de arktiske egne, hvor der er permafrost, er dette ikke længere en mulighed. Man har alligevel indført en byggekultur, der er vokset op under ikke arktiske betingelser. Fundering på fast fjeld går fint, så længe man husker at forankre sit fundament. Anderledes går det dog, når man bevæger sig ud på de sedimentære sletter og dale, hvor uvante betingelser hersker. Der er gennem en længere årrække blevet bygget i arktiske egne. Dette har givet en masse erfaringer og resulteret i masser af materiale i, hvordan man bygger og anlægger på permafrost. Men hvis ikke man ved hvilke forholdsregler, der skal tages inden igangsættelse af et byggeri på permafrost, vil det i mange tilfælde gå galt.

I hovedtræk er problemer med permafrost og vinterfrost de samme. Problemerne opstår, når der er et tilstrækkeligt indhold af vand i jordlagene, og dette vandindhold skifter stadie fra fast til flydende eller omvendt [GTO, 1957, p5].

#### 3.1.1 Frysning

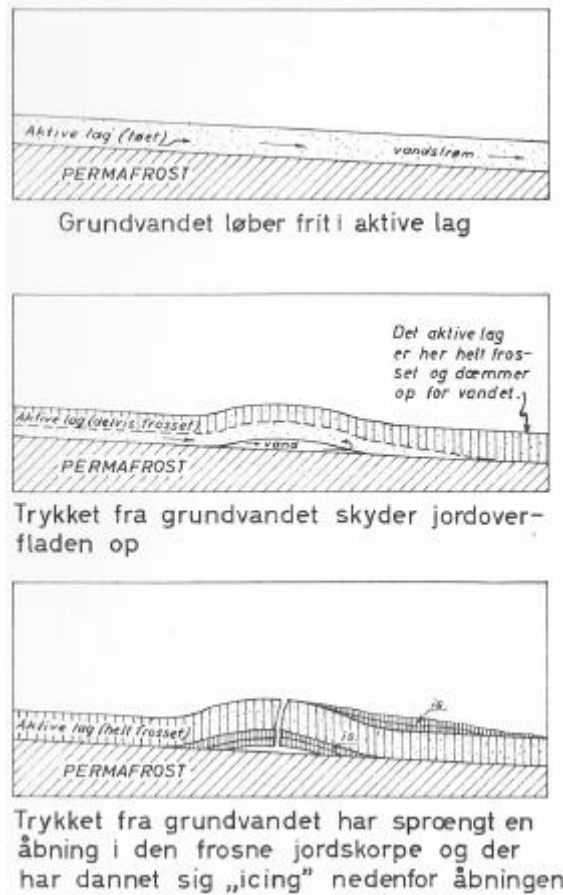
Når vand fryser til is, sker der en volumenforøgelse på knap 10 %. Denne forøgelse vil gå ud over tykkelsen af det samlede jordlag, hvis ikke porevolumen er stort nok til at tage denne udvidelse. Denne udvidelse vil

som oftest vise sig som en hævelse i terrænet. Nedkølingen sker oppefra, og det er derfor de øverste lag, der vil fryse først. Når vandet krystalliserer og bliver til is, vil krystallisationskraften søge at trække nyt vand ind i krystalnettet. I et grovkornet materiale er dette ikke noget problem, men i fint sand og grov silt, hvor der er en tilstrækkeligt kapillær stighøjde, kan vand tilføres dette krystalnet, og der dannes på den måde islinser. Islinserne kan, hvis betingelserne er der for det, blive op til en halv meter tykke og adskillige meter i diameter. I fine silt- og lerlag er den kapillære stighøjde meget stor men permabiliteten så lille, at det ikke har nogen betydning [GTO, 1957, p6].

Frosne jordlag har en stor tilhængskraft på rug overflader. På træ og beton kan man forvente denne kraft til at være på mellem 2 og 20 kg/cm<sup>2</sup>. Hvis ens fundament ikke er godt hæftet i de underliggende lag, eller der er en meget stor belastning herpå, vil man altså få samme hævnings af fundamentet, som man får i jordlaget. Når jordlaget igen til foråret sætter sig, bliver fundamentet ofte stående, da jordlaget smelter oppefra og ned, og fundamentet vil blive fastholdt af den nederste del af aktivlaget. Dette kan gentage sig år efter år, og på denne måde kan et fundament eller en hegnspæl for den sags skyld altså gro op af jorden [GTO, 1957, p6-7].

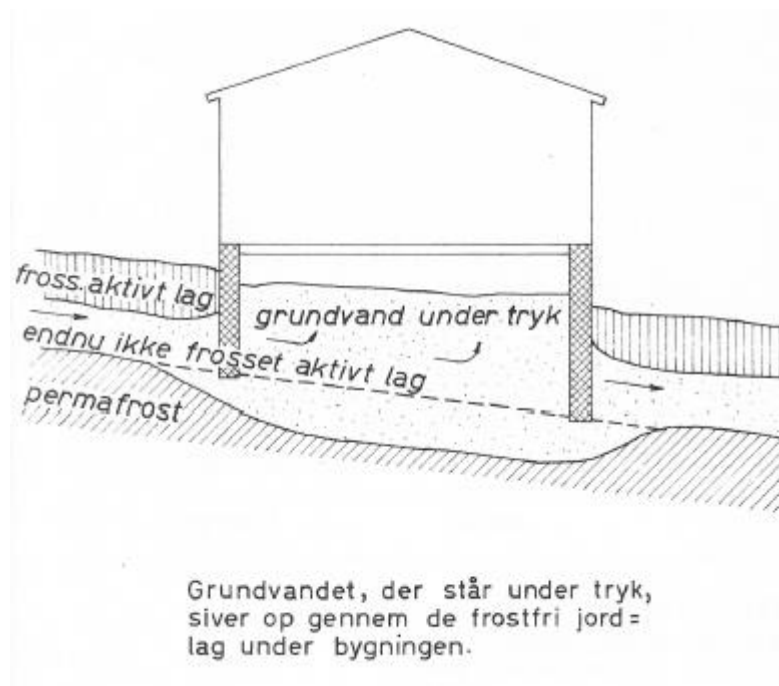
### 3.1.2 Icing

Icing er et fænomen der opstår, når vand bliver presset op gennem et allerede frosset lag. Icing opstår typisk på skrå plateauer, hvor der er permafrost eller fast fjeld direkte under aktivlaget. Som aktivlaget fryser dybere og dybere, kan det resterende vandindhold i den endnu ikke frosne del af aktivlaget komme under tryk. Trykket kan blive så stort at vandet bryder aktivlaget og siver op igennem [GTO, 1957, p8]. Se Figur 3-4 for illustration:



Figur 3-4 Viser hvordan fænomenet icing opstår  
 Kilde: [GTO, 1957]

Hvis der er huse funderet på et randfundament i et sådan område, kan det ofte ske, at vandet kommer op gennem krybekælderen eller fundamentet, da dette ofte vil være det svageste sted i området. Se Figur3-5 for illustration:



Figur 3-5 Icing i bygning  
Kilde: [GTO, 1957]

Icing kan ligeledes forekomme i forbindelse med veje. Hvis vej-kassen ikke er høj nok, kan vandet blive presset ud over vejen og vil ligge sig lag på lag og kan komme til at dække et meget stort areal. Umiddelbart er dette ikke af særlig betydning for vejen, men det vil være af stor betydning for færdslen på den. [Andersland et al., 2004, p230]

### 3.1.3 Optøning

I frossen tilstand har jord en betydelig bæreevne, da vandindholdet vil være med til at binde de enkelte korn sammen. Dette kan give jorden nogenlunde samme styrke og sammenhængskraft som en sandsten. Hvis isen smelter er vandindholdet dog det svage led. En grovkornet jord vil kun sætte sig det, som isen har udgjort af fylde udover porevolumen, hvilket går ud over de overlæggende lag og eventuelle fundamenter. For vinterfrost vil optøningsfaren være et direkte styret af nedfrysning-faren. [GTO, 1957, p8-10].

I permafrosten kan det dog have helt andre konsekvenser. Det er tidligere beskrevet, hvordan den kapillære stighøjde kunne være med til at skabe islinser i aktivlaget. Det samme gælder i permafrostlaget. Her er det bare skabt samtidig med, at permafrosten har udviklet sig. Dette kan ske over mangeårige perioder, og derfor kan der også i ler og silt forekomme meget store mængder af vandindhold. For disse materialer vil en optøning af permafrosten oftest betyde, at joden fuldstændig mister sin bæreevne og bliver plastisk. Man vil opleve, at fundamentet synker langsomt i, da dets tyngde fortrænger de underlæggende jordlag [GTO, 1957, pX]. Endvidere kan optøning skabe flydning, se dette i næste afsnit.

## 3.2 Fænomener og landskabsformer

En række forskellige fænomener og landskabsformer kan fortælle om tilstedeværelsen af permafrost og i mange tilfælde give en ide om hvilke typer sediment, der er i jordlagene.

### 3.2.1 Flydning

Optøning af permafrost på skrå plateauer vil kunne begynde at "flyde", når de begynder at tømme, da vand ikke kan trænge igennem permafrosten og ligger sig derfor som et glidemiddel i bunden af aktivlaget. Se Figur 3-6 for illustration. Flydning i jorden kan både ske ved pludselige skred grundet de store vandmængder men også som en langsom flydning over en årrække. Dette kan lægge hele pælefundamenter ned og give store sætninger på andre funderingstyper [GTO, 1957 p9].



**Figur 3-6 Flydning i landskab**  
Kilde: [Johnston, 1981]

### 3.2.2 Stencirkler

Stencirkler formes grundet dynamik i aktivlaget. Ved gentagende frys og tøj i aktiv laget skubbes sten langsomt op gennem det finere materiale. Grundet porevandets udvidelse dannes der en buet overflade på polygonen. Det lille niveauforskel er nok til at skubbe de større materialer ud mod siden, og der dannes på denne måde over mange år disse stencirkler. Stencirklerne findes i størrelser fra 10 cm op til cirka 5 meter i diameter [Davis, 2000, p175].

Se Figur 3-7 for illustration:



Figur 3-7 Stencirkler i Spitsbergen  
Kilde: [web9]

### 3.2.3 Iskiler

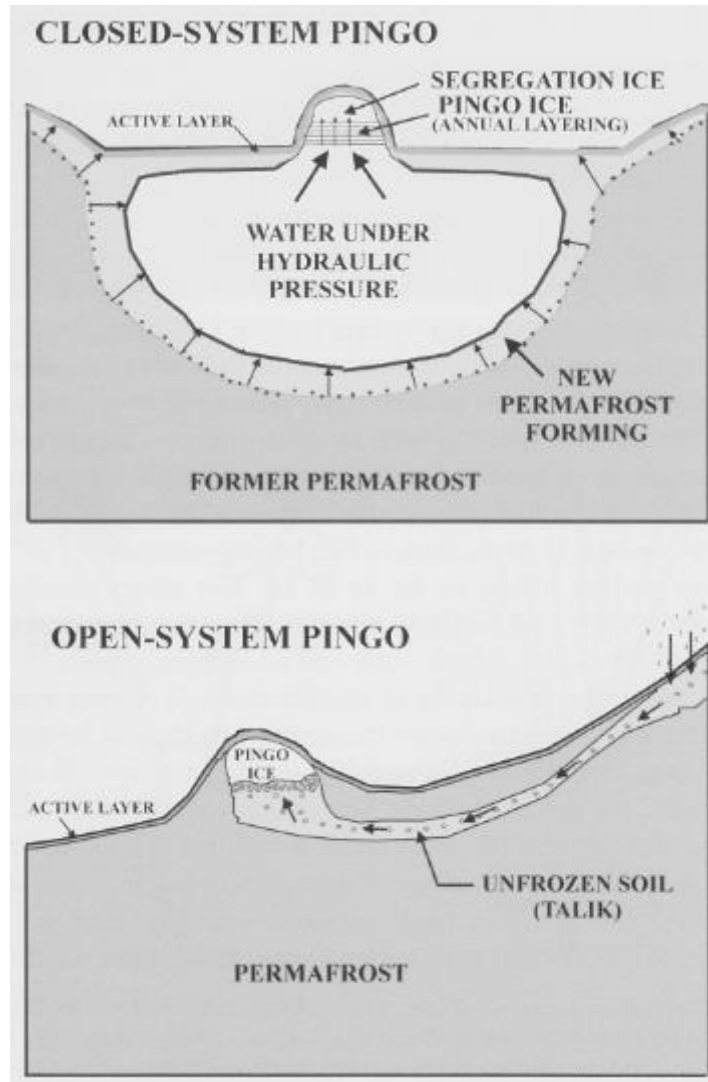
Iskiler opstår i toplaget af permafrosten. Når jorden i vinteren og foråret trækker sig sammen grundet temperaturfaldet, kan der skabes en lille sprække. Denne sprække vil, når aktivlaget er smeltet ned til sprækken, blive fyldt med vand, som fryser. Samme proces kan ske året efter. En ny revnedannelse opstår ned gennem isen og bliver igen til efteråret fyldt med vand, der smelter. Dette kan ske år efter år i flere hundrede af år og skabe iskiler, der i toppen måler mellem 1 og 3 meter og fra 1 cm til 10 meter i dybden. Iskiler kan i få tilfælde opstå som enkelt liggende kiler men vil typisk opstå i et stort net der, hvor mange kiler bliver til. Dette betyder også, at man tydeligt kan se på landskabet, at de er til stede. Se Figur 3-8 der viser et sådan påvirket landskab [Andersland et al., 2004, p9].



Figur 3-8 Mønster i landskabet skabt af iskiler  
Foto: [web10]

### 3.2.4 Pingo

Pingoer opstår, når vand under tryk bliver presset op gennem finere sedimenter med en ringe vandføringsevne. Da vandet er under tryk, fryser det ikke, selvom det kommer under 0°C. Først, når det er presset igennem de fine sedimentlag, og trykket falder, fryser vandet. Mere vand kommer nede fra, og der bliver på denne måde skabt en isklump i bunden af aktivlaget, som vokser så længe vandtrykket kan løfte den. Pingoer er opdelt i to typer: 1) et lukket system, som er det man ser øverst i Figur 3-9, og 2) et åbent system, som ses i den nederste del af Figur 3-9. I det lukkede system opstår trykket ved, at ny permafrost danner sig rundt om et område, som skaber så trykket på vandet. Det åbne system fungerer ved, at trykket bliver dannet i et vandførende lag ned over en skråning, hvor det aktive lag eller omkringlæggende permafrost indkapsler det vandførende lag. Det åbne system opstår typisk i områder med diskontinuert permafrost, da der skal være et "hul" i permafrosten, hvor vand kan løbe ind. Det åbne system kaldes også for "East Greenland Type" [Andersland et al., 2004, p10].



Figur 3-9 Pingo i åbent og lukket system  
 Kilde: [Davis, 2000, p122]

### 3.2.5 Palsa

En palsa er næsten identisk med en pingo – forskellen ligger i, at en palsa ikke opstår grundet et vandtryk men grundet silt og lers evne til at suge vand op i en stor højde. Palsaer bliver typisk til i sumpede områder, hvor den årlige middeltemperatur ligger på mellem minus 1 og minus 2 grader. Et ringe snedække og tykke organiske lag er med til at fremme betingelserne for dannelse. Palsaer er typisk runde og findes i højder fra 1 til 12 meter. Afvekslende former ses dog med jævne mellemrum [Davis, 2000, p132-136].

### 3.2.6 Thermokarst

Thermokarst opstår, når permafrosten smelter. Dette kan ske naturligt grundet et varmere klima, mere nedbør om sommeren eller ved, at vegetationen er blevet ændret. Thermokarst viser sig i landskabet i form af huler, tunneler, krater og revner. Den smeltede permafrost skaber sætninger, som vandet kan samle sig i,

hvilket medfører endnu mere varme. Der opstår i thermokarstområder ofte en masse vandhuller og små søer [Andersland et al., 2004, p11].

### 3.2.7 Talik

Talik betyder tøet jord på russisk. En talik er et hul i permafrosten, hvor der ikke er frosset. Dette kan opstå, da vand har en meget høj varmekapacitet, og energien i permafrosten ikke er stor nok til at fryse vandet. Taliks kan ligeledes opstå, når vandet bliver indkapslet og derfor kommer under et så højt tryk, at det ikke fryser ved den temperatur, permafrostlaget har [Steenfos et al., 2012, p298].

## 4 Permafrostfundering

### 4.1 Generelle overvejelser

Som det beskrives i det foregående kapitel, kan permafrosten og aktivlaget gøre stor skade på byggerier. Tykkelsen af aktivlaget, temperaturen på permafrosten, sammensætningen af jordlagene og vandtilstrømningen er alle af afgørende betydning for hvor stor en risiko der er for sætninger i et område. Det er derfor også utrolig vigtigt at man får lavet sine forundersøgelser, så man er 100 % sikker på, hvad det er for et område man har med at gøre [Andersland et al., 2004, p166]. De basale data man bør kende ifølge Orlando B. Andersland og Branko Ladanyi, før man kan bestemme funderingsmodel, er:

”Data om Sitet

- Location
- Klima
- Fysisk geografi og Geologi
- Undergrundens materialer, og deres egenskaber
- Termisk regime
- Hydrologi og dræning
- Materialer og konstruktion
  - Naturlige
  - Introducerede
- Transportmuligheder og adgang
- konstruktion omkostningsfaktorer
- Adgang til:
  - Arbejdskraft, Kundskaber, know-how, entreprenørmaskiner, støttefaciliteter og udstyr.

Designkrav, generelle kriterier og økonomiske begrænsninger

Teknologi

Tekniske data på bygningen

- Størrelse og forventet levetid
- Funderingslaster
- Termisk konduktion
- Bevægelser og forvrængning
- Andre krav”

[Citat: Andersland et al., 2004, p166].

## 4.2 Funderingsmetoder

Der er mange ting at tage stilling til, når der skal vælges funderingstype til et permafrostområde. Det er vigtigt, at der er lavet grundige forundersøgelser af området, så man ved hvilke forhold, der skal funderes under. I det kommende afsnit bliver de basale funderingsmetoder, man bruger i dag, gennemgået.

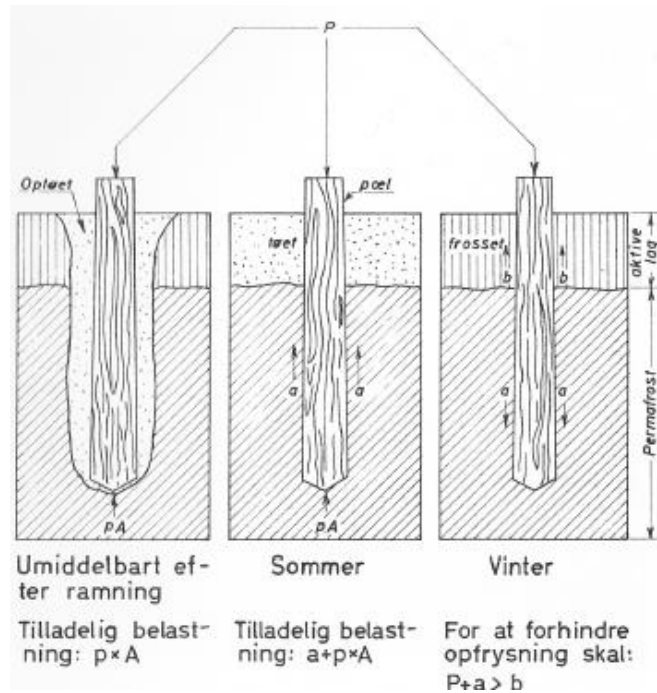
### 4.2.1 Pælefundament

Pælefundering er en forholdsvis simpel funderingsløsning, der kan bruges i de fleste typer af sedimentter og bruges oftest til større huse og bygninger. Alt efter jordlag vælges en af følgende løsninger:

- **Jordoptøning med damp.** Jorden optøes med et dampspyd til en passende dybde, og pælen rammes herefter ned gennem den optøede jord [Andersland et al., 2004, p180].
- **Pæle i borede huller.** Hul bores til den ønskede dybde – enten lidt mindre end pælen, hvor den rammes i, eller lidt større end pælen, hvor der efterfyldes med en slurry [Andersland et al., 2004, p180].
- **Opvarmet pæl.** Specielle modificerede H-profiler kan købes, hvor der på indersiden i H'et er placeret en termistorstreng og en varmekilde, der varmer H-profilet op. Med denne metode er det lettere at holde pælene lodrette og giver samtidig et bedre hold grundet ramning [Andersland et Al., 2004, p181].

Blandinger af disse metoder kan også bruges. Efter funderingen er det vigtigt, at pælen får lov til at fryse ordentligt fast, inden der funderes. Den skal helst have lov at stå i minimum 2 måneder for at sikre, at frosten har fået et ordentligt hold. Hvis tiden er knap, kan kunstig frysning bruges. Dette beskrives længere nede i afsnit 4.4.1. Kunstig frysning kan også anvendes i områder med diskontinuert permafrost, hvor jordens temperatur ikke er langt fra optøning, og bruges dermed til at sikre jordlagene [GTO, 1957].

Ved en pælefundering er det som oftest ikke, hvad pæle kan bære, der bliver den afgørende faktor for hvor dybt, den skal sættes. Det er tværtimod de opadrettede kræfter fra aktivlaget, når det fryser, der er den afgørende faktor [GTO, 1957, p19-20]. Se Figur 4-1 for de påvirkende kræfter.



Figur 4-1 Virkende kræfter ved pælefundering [GTO, 1957]

Forsøg med forskellige typer pæle – alle i en diameter på mellem 20 og 35 cm – er blevet udført i Alaska. Pælene blev sat i tørt ler, og resultaterne viste, at der typisk skulle funderes i en dybde af 7 til 10 meter for at sikre et tilstrækkeligt modhold [Andersland et al., 2004, p164-165]. Ud fra pælefunderede bygninger, der gennem tiden er gået tabt grundet fejlfunderinger, har man lavet nogle beregninger, der viser, at kræfter på op mod 54 kg/cm<sup>2</sup> kan løfte i pælen i aktivlaget [Andersland et al., 2004, p43].

#### 4.2.2 Thermal shear pile

En thermal shear pile er en kortere pæl men med en indbygget termosifon, som fører kulde ned i pælen og hjælper med at holde jorden frosset, når det er koldt (for detaljer se afsnit 4.3.1 om termosifon). Herudover har pælen ringe monteret, som øger forskydningspændingen. I toppen af terrænet lægges isolering for at holde jorden frossen og hindrer opadrettede kræfter fra et aktivlag [Andersland et al., 2004, p169].

#### 4.2.3 Fundering på punktfundament

I Canada foretrækker man at fundere på pæle fremfor punktfundamenter. Dette skyldes, at et hul til en pæl hurtigt kan bores, uden at man skal ned og forstyrre for meget i permafrosten. Når et punktfundament skal sættes, skal et større hul graves, og en del af permafrosten blotlægges. I Grønland, hvor der ofte ikke forefindes boreudstyr, vælger man derfor at fundere på punktfundamenter i permafrost.

For at sikre funderingen bør man grave af til minimum 30 cm under, hvor ens fod skal stå. Der fyldes derefter op med ikke-opfrysningsfarligt materiale for at sikre trykfordelingen på underlaget. Fyld bør

ligeledes ske i ikke-opfrysningssikkert materiale. Der kan for en sikkerheds skyld lægges et glidelag rundt om stolpen i aktivlaget for at sikre mod frosthævning, og et lag isolering kan ligges ned i eller oven på jorden for at hæve permafrostspejlet [Andersland et al., 2004, p169].

#### **4.2.4 Overfladefundering på gruspude**

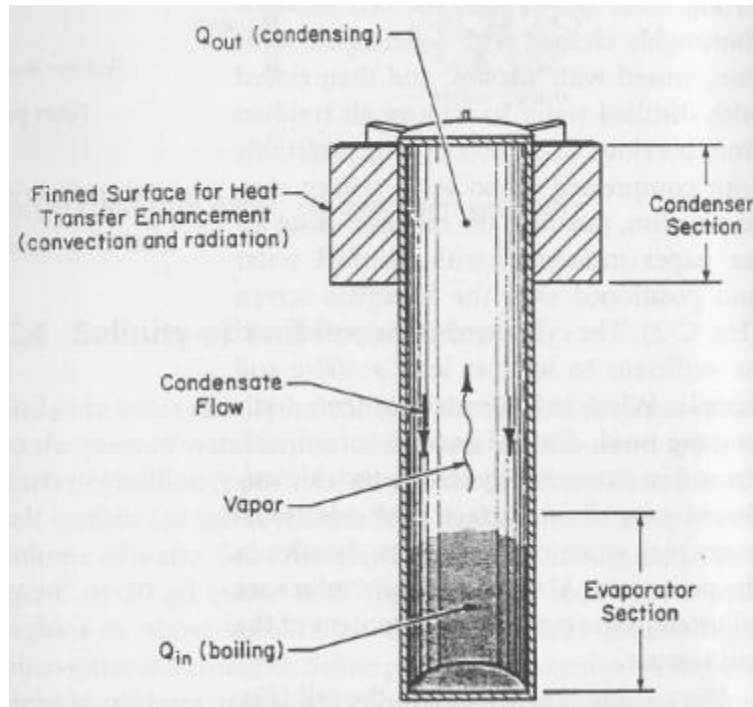
Mange steder i Grønland er grus til stede i forholdsvis store mængder og kan skaffes uden voldsomme omkostninger. Her kan man med fordel fundere i en gruspude enten lagt direkte ud på terræn, eller der kan graves af til permafrostspejlet. Randfundamenter, små punktfundamenter eller en direkte pladefundering kan her bruges. Det er dog for denne funderingstype stadig vigtigt at huske, at udluftning under huset er et must for ikke at smelte permafrosten. Ved pladefundering kan bruges passiv eller aktiv køling (se næste afsnit for beskrivelse af dette).

### **4.3 Passiv køling**

Ved hjælp af køling af jordlagene kan man opretholde de termiske forhold, der naturligt har været i jordlaget frem til, man begynder at anlægge på den. Metoderne, man kan bruge, henvender sig både til områder med diskontinuert og kontinuert permafrost. Dog skal man i områder med diskontinuert permafrost være opmærksom på den lavere temperatur, jorden naturligt har, og derfor sørge for ekstra overvågning, så den ikke tør. Både aktive og passive kølemetoder kan være med til dels at køle jorden, men i mange tilfælde også at gøre den koldere end den oprindeligt var, hvilket kan være med til at sikre og opretholde en maksimal bæreevne [Andersland et al., 2004, p167].

#### **4.3.1 Termosifon**

En termosifon er et lukket system bestående af et lukket rør indeholdende en gassart. I toppen af anordningen sidder en radiator (se Figur 4-2). Røret kan være udformet enten som lodretstående eller med en hældning. Gasarten har et meget lavt kogepunkt og vil derfor fordampe ved en given temperatur i jordlaget. Gassen vil, når den fordamper, stige op i toppen, hvor den omkringlæggende luft, hvis den er koldere end jordtemperaturen, vil nedkøle gassen og få den til at kondensere. Gassen løber herefter tilbage til bunden af røret, hvor gassen igen vil aftage varme og fordampe. Ved hjælp af denne konvektion vil jorden effektivt blive kølet, når lufttemperaturen er koldere end temperaturen i jorden. Når lufttemperaturen er varmere end jordens temperatur, sker fortætningen af gassen ikke, og systemet vil derfor stå stille, indtil temperaturen i luften igen kommer ned under jordens temperatur [Andersland et al., 2004, p322].



Figur 4-2 Termosifon  
 Kilde: [Andersland et al., 2004, p322].

Termosifoner bruges ofte lagt med en hældning under pladefunderinger langs pælene i et pælefundament eller lagt ind i en vejkasse. De bliver ligeledes ofte brugt, når der laver olieledninger i permafrostegne. Det er en halvdyr anordning, men når den er sat op, passer den mere eller mindre sig selv [Andersland et al., 2004, p322].

### 4.3.2 Isolering

Isolering kan bruges til at holde varmestrømning tilbage. Dette kan være effektivt til smalle veje eller små funderinger placeret direkte på terræn. En isolering vil dog aldrig stoppe varmetransporten men bare forsinke den. Derfor er det vigtigt, at man sikrer sig, at de omkringliggende jordlag aftager større varme fra undersiden af fundamentet, end der vil blive ledt igennem isoleringen [Andersland et al., 2004, p165].

Isolering kan også bruges som en termisk væg. Hvis man har et meget tyndt lag af permafrost, kan man tømme permafrostlaget og fundere med en almindelig løsjordsfundering, og derefter med en væg af isolering lags fundamentet sørge for at jordlagene under huset holdes frostfrie [Andersland et al., 2004, p165].

### 4.3.3 Løftede konstruktioner, pæle og krybekældre

Ved at holde konstruktionen løftet fra jorden kan man sikre, at jorden bliver holdt naturligt kold i vintermånederne og på denne måde forstyrre permafrosten mindst muligt. Samtidig vil en løftet bygning skabe gennemstrømning af luft, hvilket ofte er nok til at holde jordlaget snefrit om vinteren, og derfor vil

jorden blive kølet mere, end den gjorde inden opførelsen af huset. En krybekælder vil kunne holdes lukket om sommeren og åben om vinteren. Om sommeren vil den varme luft i krybekælderen stige op, og det kolde luft ligge hen over jordlaget, så der kommer mindre varmetilførsel, end hvad der naturligt ville være kommet inden opførelse af bygningen [Andersland et al., 2004, p167].

#### **4.3.4 Ændring af jordoverfladerne**

Jordoverfladerne kan ændres for at sikre mod ophobning af sne. Sne har en fantastisk isolerende effekt, hvorfor man helst undgå steder, hvor man ønsker at holde permafrosten så kold som muligt. Alternativt kan man aktivt rydde sneen væk [Andersland et al., 2004, p167].

#### **4.3.5 Opfyldning**

En opfyldning kan laves med eksempelvis en sprængstenspude. Her vil konvektion i luften sørge for, at masser af kold luft får lov at nedkøle jorden gennem de kolde måneder men vil i de varme måneder holde varmen tilbage, da den varme luft vil søge opad. For at konvektionen skal virke, skal luftlaget i sprængstenspuden være forholdsvis isoleret. Dette kunne typisk ske med at lægge et lag af geotekstil og dernæst et lag af fyld [Niels Foged, 13. maj 2014].

#### **4.3.6 Ventilation**

Ventilering under fundamenterne er velkendt i Grønland fra de gamle amerikanske baser. Dette system bruges ofte under bygninger, der dækker store arealer. Systemet fungerer ved, at et net af rør eller rander under bygningen er frit ventilerede i vintermånederne. I sommermånederne lukker man så af for ventilationen, så varm luft ikke kommer ind [Niels Foged, 13. maj 2014].

### **4.4 Aktiv køling**

Til tider er en passiv køling ikke nok til at holde jordlagene frosne, eller der kan være projekter, hvor sætninger ikke kan accepteres, og man derfor vælger aktivt at køle af for at sikre en optøning.

#### **4.4.1 Kunstig frysning**

Kunstig frysning kan ske ved hjælp af enten et køleanlæg eller ved brug af flydende kvælstof. Under et fundament vil man typisk bruge et køleanlæg til at holde en konstant temperatur under fundamentet. Dette vil ske ved, at man lægger sit fundament direkte oven på en gruspude, hvori der er indlagt et net af køleslanger. Køleanlægget vil så holde undersiden af fundamentet på omkring minus 10 grader, hvilket sikrer jordlagene et godt stykke rundt om fundamentet [Andersland et al., 2004, p143-147].

Køling med flydende kvælstof bruges ofte, hvor man ønsker at fryse et jordlag hurtigt. Dette kan eventuelt være ved en pælefundering, hvor man ikke har tid til at vente på, at pælene naturligt har sat sig. Endvidere

kan det bruges, hvis man er nødt til at lave udgravninger i permafrosten til at holde eksempelvis en jordvæg sammen. Denne type køling kan også bruges steder, hvor der ikke er permafrost, men til at fryse et jordlag, hvori der skal laves en udgravning. Dette kan ofte være billigere end at sætte spuns, hvis det kun er for en kort periode [Andersland et al., 2004, p143-147].

#### **4.4.2 Aktiv ventilation**

Hvis passiv ventilation ikke er nok, kan man sætte en blæser på et rørsystem og dermed sikre en effektiv køling i de kolde måneder. Aktiv ventilation bruges eksempelvis somme tider ved pælefundamenter og punktfundamenter [Andersland et al., 2004, p167].

## 5 Byggehistorien på Grønland

Byggehistorien på Grønland går helt tilbage til ca. 2.500 år f.Kr., hvor de første mennesker indvandrede til Grønland fra Canada [\[web1\]](#). Man skal dog langt op i tiden, før man finder en boligform, hvor der har været behov for at gøre sig tanker omkring fundament og bevægelser i jorden, som følge af bygningen. De første indvandrere til Grønland levede i bygninger bygget af naturens materialer med det primære formål at holde sig varm om vinteren [\[Niels Foged, 13. maj 2014\]](#).

I år 982 kom nordboerne til Grønland med Erik den røde i spidsen. Dette var den første indvandring fra øst. Nordboerne var et folk, der havde en helt anden byggekultur end inuitterne, der gennem tiden var indvandret fra vest. Sydvestgrønland var i nordboernes tid et frodigt land og nordboerne opførte adskillelige huse, gårde, og kirker. Det mest kendte eksempel er stenkirken Hvalsey Kirke, som menes at være opført i 1300tallet, og som den dag i dag stadig står med sine 6 meter høje stenmure. [\[web2\]](#) Figur 5-15-1 viser et billede af Hvalsey kirkeruin, som den står i dag, godt 700 år efter opførelse.



Figur 5-1: Hvalsey kirke  
Kilde: [GreenlandPhotos.gl](#) [\[web3\]](#)

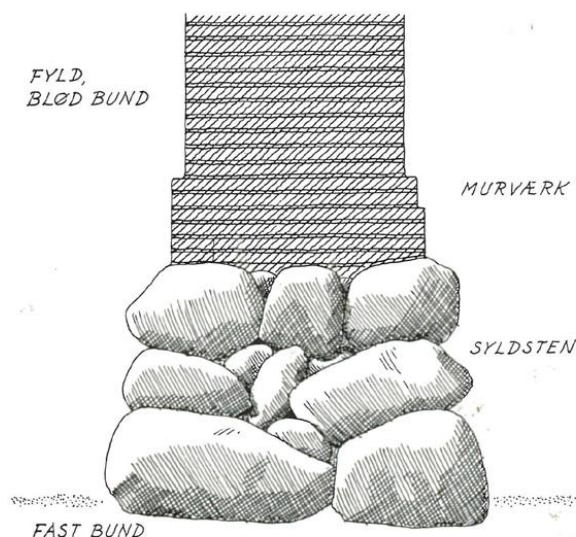
Det sidste nedskrevne tegn fra nordboerne er et brev fra et bryllup, der blev afholdt netop i Hvalsey kirke, i 1408. Arkæologiske fund peger dog på at nordboerne har levet i Grønland frem til ca. 1450. [\[web2\]](#)

Først i 1721 kom der igen vesterlændinge til Grønland. Det første vesterlandske hus blev da opført i år 1728 – et stenhus, som blev anvendt af missionær Hans Egede i Nuuk. I 1734 blev første bjælkehus blev opført i Christianshåb af storkøbmand Jacob Serverinsen ved grundlæggelse af byen [Madsen, 2007].

## 5.1 Byggeri på permafrost

Byggeri i områderne med permafrost har gennem de tidligere tider ikke været et problem, da man har boet i lavpraktiske huse bygget af naturens egne materialer. Først op gennem moderniseringen af Grønland, hvor man begyndte at indføre en samfundsstruktur, der ligner den danske, begynder problemerne at vise sig. Plejehjem, hospitaler og andre større offentlige bygninger, der skal opføres for at oppe levestandarden overføres direkte fra Danmark uden nogen for form hensyn til det anderledes klima [Niels Foged, 13. maj 2014].

De første egentlige huse gennem nyere tid blev i Grønland funderet på syldsten. En rende blev gravet til fast bund, hvor man ønskede fundamentet skulle stå. Der blev herefter lagt en base af natursten, som skulle overføre kræfterne fra huset til jorden. Oven på denne base opførtes byggeri i bindingsværk eller murværk, og det afgravede blev igen fyldt tilbage, så syldstenene dækkedes til. [Niels Foged, 13. maj 2014]. En skitsering af et typisk syldstens funderet murværk ses i Figur 5-25-2:



Figur 5-2 Typisk syldstensfundering med murværk

Kilde: [Kulturstyrelsen, 2012, p2]

Med tiden viste det sig dog, at mange huse funderet på syldsten i områder med permafrost fik sætninger. Dette skyldes, at de store syldsten er varmeledende og derfor optør de frosne jordlag. På baggrund af dette går man derfor over til i stedet at opføre huse på en rammekonstruktion, der bliver nedgravet i det frosne

jordlag. Fra denne metode tages i brug kommer der mange nye versioner af samme løsning. Nogle metoder anvender isolering over fundamentet for at sikre mindst muligt varme fra bygningen overføres til de underliggende lag. Andre metoder anvender store bjælker, sand eller grus, der bliver lagt som underlag til fundamentet. Konklusionen, på baggrund af den viden man har, er, at der skal funderes med et materiale, der har den mindst mulige varmeledningsevne, og at materialet skal stikke så dybt det er muligt [Niels Foged, 13. maj 2014].

Funderingsmetoden, hvor der lægges en træbjælke ned i permafrosten, benyttes stadig i dag i flere bygder. Fundamentet laves af flere stolper, der føres ned til en rammekonstruktion liggende på permafrosten eller hvis muligt nede i permafrostlaget. Stolperne hæftes til rammen, og det oprindelige jordlag reetableres. En ny ramme bygges oven på pælene, hvorpå bygningen opføres. Vindkryds bruges til at afstive fundamentet. Hvis det ikke har været muligt at ligge den underliggende bjælke ned i permafrosten, kan man lave en forhøjning af det oprindelige terræn under huset, så permafrosten får ordenligt fat i den nedre liggende bjælke [Niels Foged, 13. maj 2014].

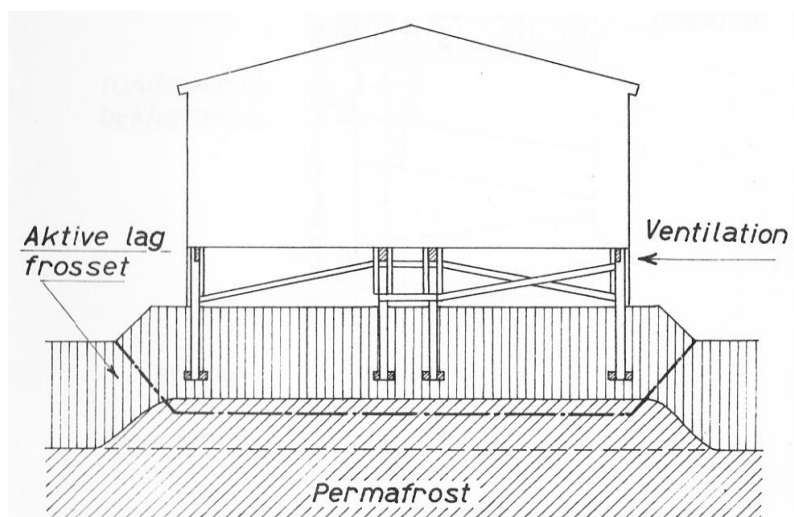
Dette princip skal dog bruges i egne, hvor permafrosten er tilstrækkeligt kold, da en forstyrrelse af permafrosten i de egne, hvor den er tæt på at smelte, kan få store konsekvenser for den underliggende permafrost. Samtidig er det vigtigt ved brug af denne metode at lade fundamentet stå i en periode, så permafrosten kan nå at få ordenligt fat inden man opføre huset. En lignende funderingsmetode er, at sætte en fod på hver stolpe i stedet for en bjælke til at hæfte i permafrosten. Denne metode benyttes for at forstyrre permafrosten mindst muligt [GTO, 1957, p 19-20].

Funderingen med rammekonstruktionen er ikke i alle tilfælde en holdbar løsning, og man begynder på et tidspunkt i stedet at forsøge sig med pæle. Pæle kan føres til stor dybde, hvilket giver et godt hold i permafrosten [Niels Foged, 13. maj 2014]. Fundering på pæle er ligeledes en af de funderings typer der bliver beskrevet i GTO vejledning frost og fundering [GTO, 1957, p19-20].

Gennem nyere tid har været anvendt pladefundering på områder med permafrost. Pladefundering blev typisk benyttet i koldere egne og kun ved byggeri, hvor en lille skævhed over årene var acceptabel. Pladefunderingen udføres uden at komme ned og forstyrre permafrosten. Ved pladefundering afrettes grunden, hvor bygningen skal opføres, med et sandlag. Herefter påføres et lag af isolering, og oven på denne isolering støbes en armeret plade i jernbeton. Pladen har den fordel, at selv om det kun er 1/3 del af det underlæggende lag, der bærer pladen, knækker pladen ikke. Huset vil højst læne sig lidt til den ene side. Pladefunderingen er dog ikke anbefalelsesværdig til områder, hvor der sker ændringer i permafrosten.

Endnu et problem med pladefundamentet opstår hvis man lægger el, vand og kloak ned under fundamentet, da specielt vand og kloak kan tilføre store mængder af varme ned i undergrunden [Tom Fusing, 30. juni 2014].

De selvbyggerhuse, der kan købes i dag, kan bestilles med 3 forskellige fundamentstyper: et almindeligt randfundament i beton, et søjlefundament til fjeld eller løsjord og et søjlefundament til permafrost. Søjlefundamentet til permafrost er lavet efter GTO's beskrivelse af et permafrostfundament, hvor der graves af til den estimerede opfrysingsfarlige dybde, hvorefter der fyldes op med et ikke opfrysingsfarligt materiale [GTO, 1957, p17]. I denne pude sættes søjlefundamentet gravet ned på fødder. Se nedenstående Figur 5-35-3 for illustration:

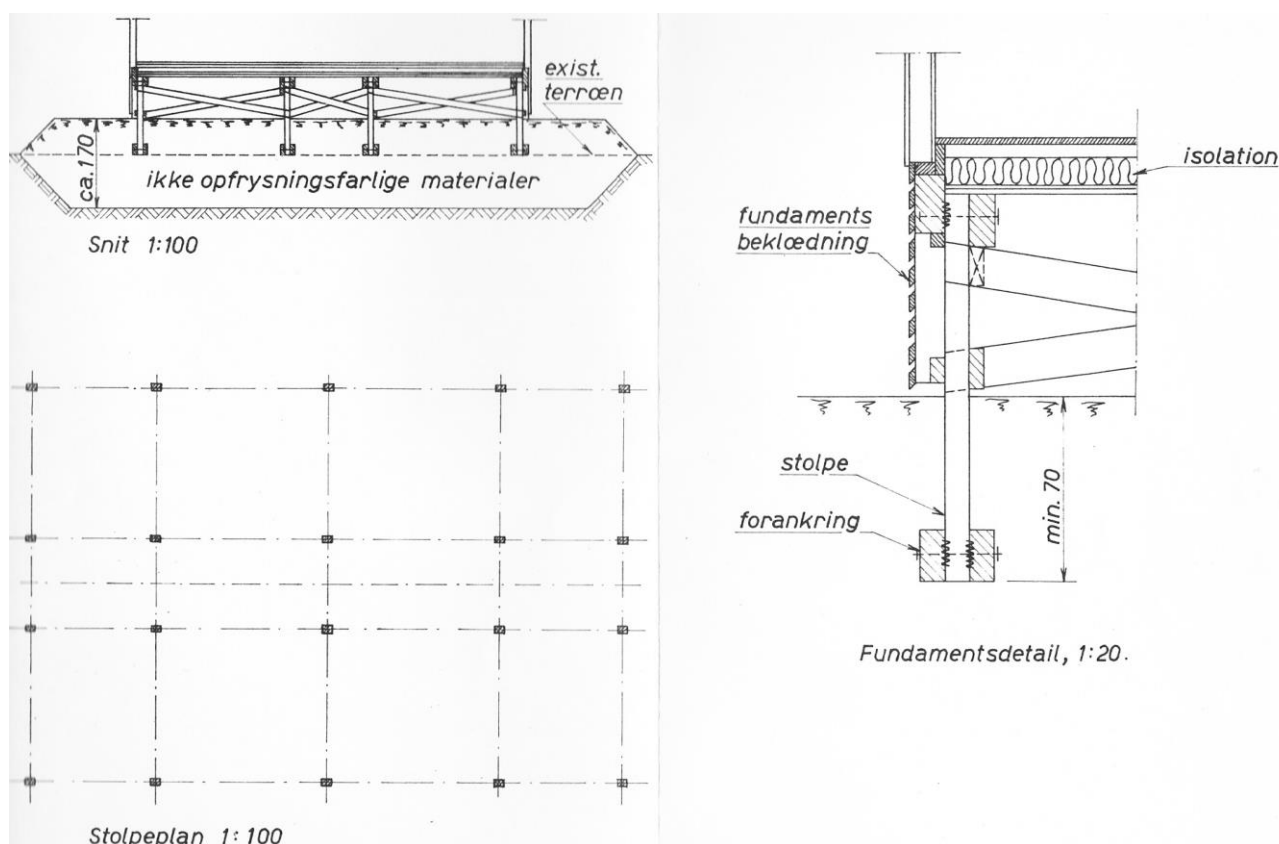


Figur 5-3 Fundament på gruspude, gravet ned til estimeret permafrostfrospejl  
Kilde: [GTO, 1957]

Permafrostfunderinger er i dag langt fra så udbredte, som de var tidligere. Det sker dog stadigvæk, at der kommer et projekt, hvor der skal funderes på permafrost. Disse projekter kommer ofte fra de nordlige bygder, hvor der er begrænset med fjeld til at bygge på eller fra vejprojekter, hvor der skal ledes vej hen over et område med permafrost [Henrik Larsen, 20. juni 2014].

Et eksempel på et nyligt projekt omkring permafrost er et vejprojekt mellem Kangerlussuaq og Sisimiut, der blev udarbejdet i 2013 til Qeqqata Kommunia. Projektet blev lavet med henblik på at føre en eventuel transportvej mellem de to byer forbi et gammelt historisk jagtområde, hvor det var ønskeligt at kunne lave udflugter til med turisme. Der blev observeret synlige islinser stikkende op ad jorden i dette område, hvorfor der ikke var tvivl om permafrostens eksistens [Henrik Larsen, 20. juni 2014].

Et andet eksempel på et nuværende projekt omhandlende permafrost bliver foretaget af Orbicon, som har et projekt, de skal starte op om kort tid i Qaanaaq. Projektet omhandler en grusvej, der skal føres ned til en række boliger, som de også har projekteret. Bygningerne bliver funderet på stolpefundamenter og gravet ned i en gruspude. Øverste lag af sediment er blevet gravet a og en ca. 2 m gruspude er lagt. Det er valgt at bruge en blanding af et stolpefundament og en gruspude, da dette gør, at selve fundamentet kan regnes som en almindelig statisk bestemmelse, da de sætninggivende forhold kan trækkes ud af ligningen [Inooraq Brandt, 19. juni 2014]. Funderingsmetoden Inooraq nævner er ligeledes beskrevet i GTO's publikation nr. 1. som kan ses i Figur 5-4:



Figur 5-4 Viser den type stolpefundament Inooraq henviser til at Orbicon funderer efter. Bemærk, det er et scan, der ikke er sat ind i original størrelse, hvorfor måleforholdene ikke kan benyttes [GTO, 1957]

## 5.2 Infrastruktur

Infrastrukturen er i høj grad noget af det, der lider i områder med permafrost. Boliger og bygninger kan flyttes til områder, hvor der kan funderes direkte til fjeld. Dette kan dog ikke lade sig gøre med infrastrukturen, og man er derfor nød til at forholde sig til og til tider at være nødsaget til at anlægge veje, vand, el og kloak i områder med permafrost. Byplanlægningen bærer i dag præg af, at der vælges at bygge boliger, hvor der er fjeld i dagen. Boligerne kommer derfor ofte i klynger på fjeldknoLde. Denne form for

byplanlægning kan være medvirkende til at skabe problemer, når der skal ligges veje, kloak, vandledninger og fjernvarme, da der på den måde opstår lange stræk mellem disse områder [Niels Foged, 13. maj 2014].

### 5.2.1 Ledninger

Ifølge kommuneplanerne i Grønland skal ledninger trækkes under jorden af hensyn til æstetikken. Dette kan dog give store problemer i områder med permafrost. Vandledninger er som sådan ikke et problem, da de er lange og forholdsvis fleksible. Det samme gælder elinstallationer og fjernvarme ledninger. Kloakker vil der imod ofte give problemer, da der opstår lunger i rørene, hvilket skaber tilstopning i kloakledningerne [Jørn Hansen, 23. juni 2014].

Anlægsomkostningerne til rørføring er typisk de samme, om de bliver lagt over eller under jorden. Driftsomkostningerne er dog en smule billigere under jorden, da der bliver brugt mindre strøm til at holde ledningerne frostfrie [Henrik Larsen, 20. juni 2014]. Aasiaat er en af de få byer i Grønland hvor man har haft vandledninger liggende over jorden [Tom Fussing, 30. juni 2014].

Der ligger i Sisimiut et sæt fjernvarmeledninger fra skole 2 til blokkene, der ligger over jorden. Der er ingen tvivl om, at jorden har sat sig, men det ser dog ikke ud til, at der har været problemer med ledningerne [Jørn Hansen, dato]. På Figur 5-5 ses det, hvordan et af fundamentene er trukket over, og det kan anes, at der formegentlig er sket lidt sætninger. Ved anlæggelsen var jordlaget holdt til den firkantede del af fundamentet.



**Figur 5-5: Fjernvarmerør funderet over terræn, fundamentet er trukket over grundet flytninger jordlaget [billede taget under observationer i Sisimiut]**

Der er efter sigende ikke lavet forsøg med at isolering af graven til kloakledninger lagt i permafrost, som kunne være en løsning, selvom isoleringen kun vil forsinke varmetransporten. Der har været flere kloakudskiftninger i Sisimiut, hvor det kunne have ladet sig gøre at forsøge sig med at isolere graven på nogle stræk og ikke på andre for at se udslaget. Der har dog aldrig været nogen, der har villet betale for et sådan forsøg [Jørn Hansen, 23. juni 2014].

### 5.2.2 Veje

Der er set adskillige problemer ved veje i områder med permafrost. For det første er projekter omhandlende vejbyggeri karakteriseret ved, at det ofte ikke er særligt svært at tage sine forholdsregler i tilfælde af permafrost. Det er dog set mange gange, at foranstaltningerne udarbejdet af den projekterende ingeniør ved vejbyggeri i permafrost er blevet skåret væk af kommunerne grundet budgettet [Jørn Hansen, 23. juni 2014].

Et andet problem ved vejbyggeri i områder med permafrost er blandt andet, at årsagen til sætningerne ikke fjernes, når vejene sætter sig. I stedet vælges der typisk bare asfaltere et tykt lag asfalt på, så vejen er lige igen [Inooraq Brandt, 19. juni 2014]. Dette leder over til et andet stort problem i forbindelse med

anlægsprojekter i Grønland – nemlig totaløkonomi. Totaløkonomi anvendes ikke i så høj grad, og der fokuseres i stedet typisk på anlægspris alene uden at tænke over at eventuelle vedligeholdelsesudgifter. Dette resulterer i, at der skabes adskillelige problemer i forbindelse med vejens funktion og dermed vil totaløkonomien blive væsentligt højere [Inooraq Brandt, 19. juni 2014].

Et af de allerstørste problemer ved de grønlandske veje er vand under vejene. *”Det absolut vigtigste når man taler om vejbygning er de tre V’er, Vand Væk fra Vejen. Dette er biblen i alt vejbygning”* siger Jørn Hansen [citater: Jørn Hansen, 23. juni 2014]. Det er et generelt problem at kommunerne ikke er opmærksomme på, hvor stor betydning det har for vej-kassen at få vandet ledt væk. Vejene er ofte for smalle, da der ikke afsættes økonomi til en bred vej med skuldre på vej-kassen til et ordenligt og tæt grøftesystem. At vejen er for smal betyder yderligere, at lastbiler, gravemaskiner og dumpere altid køre med venstre hjulsæt på midten af vejen, hvilket får vejen til at hælde den gale vej og lede vandet ind mod midten i stedet for væk fra vejen [Jørn Hansen, 23. juni 2014].

Et godt eksempel på dette er svinget i bunden af ”Permafrostvej” i Sisimiut, hvor busserne flere gange har haft forbud mod at køre grundet sætninger, der var så store, at der ville være fare for at bussen væltede. Om sommeren ses det typisk, at vand samler sig i ved siden af vejen på den høje side af svinget. Dette gør, at man får vandstrømning igennem vej-kassen, som tilfører en masse varme [Inooraq Brandt, 19. juni 2014].

*”En ting jeg lærte af en fra det canadiske vejvæsen var, at det henvender sig så mest til vejbygning, men egentligt at kigge et kig på det område du er i, og så lade være med at ændre i det område. Lad være med at lave indskæringer til vejen, hvis det kan undgås, lad være med at lave grøfter, og når man så anlægger vejen på tværs af strømningsretningen må man finde ud af hvor tæt et net, der skal ligges af armcorør for, at strømmingen kan være uændret”* [citater: Inooraq Brandt, 19. juni 2014].

En vej-kasse bliver typisk designet ud fra erfaring og ikke på baggrund af hvilken e-værdi, materialet har [Inooraq Brandt, 19. juni 2014].

En erfaring man har af veje på permafrost er, at en vej på permafrost ikke har særligt godt af at blive lukket i toppen af asfalt. Det giver en bulet vej og ikke ordentlige muligheder for at rette den op, netop fordi der er flytninger. Samfundsøkonomisk ville det derfor være langt billigere at have grusveje de steder, hvor der er permafrost [Henrik Larsen, 20. juni 2014].

Mange veje i Ilulissat er lagt ud ved at rette af med en sandpude, derefter lægge 20 cm sprængsten, et lag fibertex, og til sidst et lag sand igen. Dette er den typiske metode, der er blevet brugt til at anlægge vejene.

Dette virker typisk, men da man ofte graver den op igen inden for et par år, fordi der skal laves kabelføring eller lignende, ender det med, at man ødelægger klimasystemet og så kommer sætningerne. Det er også set, at man har gravet grøfterne for dybe og derved fjerner alt det, der isolerer ned til permafrosten om sommeren [Tom Fussing, 30. juni 2014].

I forhold til at tage alternative metoder i brug henviser Jørn Hansen til et projekt udført i Kangerlussuaq, hvor der er lavet forsøg på standpladsen ved hangarene. Ved denne forplads er felter blevet malet hvide, og man har registreret en hævning i permafrostspejlet. Dette kunne være noget, der kunne overføres til veje i byerne. Dette er selvfølgelig ikke noget, der skulle bruges alle steder, men der hvor sætningsproblemer er værst, mener Jørn [Jørn Hansen, 23. juni 2014].

### 5.3 Styrelsen (1925 - 1950)

Grønlandsstyrelsen blev i 1925 oprettet som Grønlands styrende organ og overtog hermed posten fra styrelsen af kolonierne i Grønland [web5]. Styrelsen havde til formål at styre udviklingen i Grønland og vigtigst af alt at sørge for, at man i Grønland udviklede sig mod et moderne samfund med sunde boliger og en hygiejne der lignede den danske. Flere lægerejser rundt på kysten blev i styrelsens tid gennemført, og konklusionen blev hver gang, at man måtte sørge for, at grønlænderne fik nogle ordentlige boligforhold for at minimere sygdom [web11].

### 5.4 Opstarten af Grønlands Tekniske Organisation - GTO (1950 - 1987)

Efter anden verdenskrig var Grønland stadig et lukket land og havde vilkår, der ikke var meget anderledes end i 1920'erne og 1930'erne. Mange kolonier blev verden over afkoloniseret, og dette var også ved at ske for Grønland. I 1948 rejste daværende statsminister Hans Hedtoft til Grønland, og efter forhandlinger med de daværende landsråd besluttedes det, at man i stedet for at opgive Grønland skulle yde bistand, og at Grønland skulle åbnes op og hjælpes på niveau med andre højt udviklede lande [Steenfos et al., 2012, p179].

En stor kommission blev i 1948 nedsat for at vurdere, hvordan man skulle takle udviklingen. Kommissionen afgav i 1950 en betænkning, hvori det foresloges, at man lod den danske stat overtage udgifter til skolevæsen og sundhedsvæsen på Grønland. Endvidere skulle det grønlandske erhvervsliv udvikles, primært inden for fiskeri. Dette skulle ske ved en række investeringer betalt af den danske stat. Med udgangspunkt i dette håbede man på, at en række erhvervsinteresser ville etablere sig i Grønland. Til at

styre disse investeringer var det nødvendigt med et teknisk organ der kunne holde styr på alt dette, og Grønlands Tekniske Organisation blev så oprettet [web7].

Efter ændringen af den danske Grundlov i 1953 hvor Grønland blev en ligestillet del af det danske kongerige, tog udviklingen for alvor fat. Boliger med de samme sanitære forhold som boliger i Danmark skulle indføres. Sygehuse og plejehjem skulle bygges.

Man begyndte at udvikle og skabe de store byer i Grønland. I den forbindelse var der et stort behov for at få bygget en masse. Byggeteknologier fra Danmark benyttedes, men uden at man havde forståelse for det grønlandske klima og kendskab til permafrosten. Der var ikke forståelse for de konsekvenser det har, når temperaturen under en bygning funderet på løsjord med permafrost, ændres [Niels Foged, 13. maj 2014].

Der var i begyndelsen af 50'erne hverken i Danmark eller udland erfaringer med byggeri i det arktiske klima. GTO måtte derfor selv gøre sig sine erfaringer i begyndelse [Stenfos et al., 2012, p156-157].

GTO var i 1950'erne noget bagud med viden omkring permafrosten og hvilke muligheder, man havde, når der skulle bygges, hvis man sammenligner det med amerikanernes viden. Amerikanerne havde i forbindelse med opførelsen af baserne i Narsarsuaq, Kangerlussuaq og på Thule udviklet en enorm erfaringsbase. Erfaringsbasen indeholdte løsninger med både fundamenter gravet ned i permafrosten, borede pæle, brug af isolation på jorden for at mindske varmestrømningen fra bygninger ned i jorden, løsninger med afkølede kælderetager og afkølede krybekældre, for at sikre at man ikke ændre ved temperaturen i jordlagene [Niels Foged, 13. maj 2014].

I 1956 bliver civilingeniør Gunner P. Rosendahl ansat som teknisk chef for GTO [web6]. Han pålægger efter episoden med den synkende KGH-bygning (se afsnit 6.2.5 for yderligere detaljer) i Sisimiut Geoteknisk Institut at oprette temperaturmålestationer rundt om i Sisimiut, så man kan få et overblik over, hvad det er, der sker i jorden. Samtidig sættes Geoteknisk Institut i gang med at registrere jordbundsforhold rundt om i byen. Fejl på bygninger som følge af sætninger registreres ligeledes. Dette igangsættes for i den kommende periode at kunne undgå at lave de samme fejl igen. Man er på dette tidspunkt godt på vej ind i industrialiseringsperioden, og mange byggeprojekter skulle igangsættes blandt andet de mange blokke, der er blevet opført i Sisimiut i præfabrikerede elementer [Niels Foged, 13. maj 2014].

GTO indsamlede gennem midt 50'erne de erfaringer, man havde gjort sig dels i Alaska og en smule fra Rusland. Med Indsamlingen af måleresultater på jordbundsforhold og registrering af fejl på fundamenter fra Sisimiut brugte man dette materiale til at udvikle en vejledning til fundering i permafrost. Dette blev til udgivelsen af "GTO publikation nr. 1 – Frost og fundering", som blev udgivet i 1957. Dette blev og er stadig

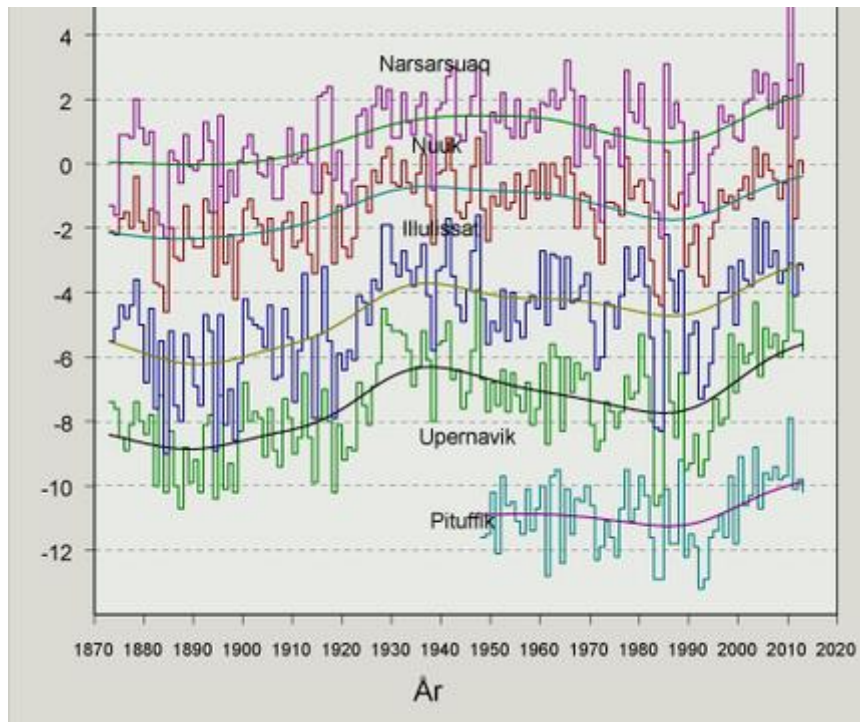
den dag i dag det vigtigste dokument, der er blevet udgivet omkring permafrost fundering i Grønland [Niels Foged, 13. maj 2014].

Der er ifølge Niels Foged ligeledes udgivet en række dokumenter, der beskriver hvad der sker når permafrosten tør, samt hvorledes man kan stabilisere permafrost ved forskellige foranstaltninger. Disse dokumenter har det dog ikke været muligt at finde.

## 5.5 Klima

Det varmere klima, der gennem de sidste årtier har været en realitet, har haft stor betydning for permafrosten i Grønland. Mange af de sedimentære sletter, hvor der er permafrost, er gået fra en permafrost med en forholdsvis stabil temperatur til en mere sporadisk permafrost, der ligger lige på grænsen til at smelte. Dette skaber ringere funderingsvilkår og har for flere bygninger haft fatale konsekvenser. På lang sigt har dette været med til at skabe et dogme omkring hele funderingssituationen. Derfor funderer man i dag kun på fast fjeld, da løsjordsfunderinger er "umuligt" at håndtere. Dette dogme, mener Niels Foged, allerede var så fast indprentet på den grønlandske befolkning i starten af det 2100 århundrede, at alle byudviklingsplaner i dag er lagt ud fra en sådan tankegang. Der tages derfor i byplanlægningen større hensyn til, hvor der er fjeld i dagen, end der tages hensyn til, hvad der faktisk kunne fremme bymiljøet [Niels Foged, 13. maj 2014].

I Figur 5-5 ses den årlige middeltemperatur i Grønland siden 1873:



Figur 5-6 Årlig Middeltemperatur for 5 grønlandske byer på x akser vises årstallet, og på y akser temperaturen i celsius.  
Kilde: dmi.dk [web4] – figuren er beskåret.

Som det fremgår af figuren, har Grønland tidligere været igennem en periode med opvarmning – dog ikke så kraftig som den, man oplever i dag.

*”Desværre findes der ikke målinger af permafrostens dybde fra 1920- 1930’erne, hvor Arktis sidst gennemgik en varm periode. Der er dog meget, som tyder på, at den permafrost, som tør nu og i den nærmeste fremtid, ikke har været optøet inden for de sidste 100 år”* [citat: Bo Elbering, professor og centerleder af Center for Permafrost på Københavns Universitet, web12].

Det bliver ligeledes berettet fra de interviewede personer til dette afgangsprøveprojekt, at der i de nordlige byer Sisimiut, Kangerlussuaq og Ilulissat er bemærket ændringer i klimaet og i landskabet. Fritz Bauman, kommuneingeniør gennem mange år i Kangerlussuaq, mener, at der er opstået mange større sætninger i landskabet, som stille og roligt vokser år for år [Fritz Baumann, 26. juni 2014]. Tom Fusing beretter fra Ilulissat, at vejene sætter sig mere end de plejer, og han har samtidig bemærket en markant ændring i floraen, hvilket også hænger sammen med en højere temperatur [Tom Fusing, 30. juni 2014]. Niels Foged fortæller om større arealer med permafrost, da han startede sin forskning, og hvordan det gennem årene er blevet varmere og varmere til nu flere steder at være tøet helt [Niels Foged, 13. maj 2014].

## 5.6 Sammenholdt med de øvrige arktiske lande

Når man ser igennem materialer udgivet omkring permafrostfundering fra blandt andet Canada, vil man bemærke, at meget af det, som der i Grønland bliver betragtet som problemer i forhold til funderinger, bliver i meget af det canadiske materiale kun kort gennemgået og bliver betragtet som bagateller. Dette skyldes ifølge Niels Foged, at man i Canada har langt større udfordringer forbundet med permafrosten, end man har i Grønland, og man er derfor bare nød til at acceptere sætninger og endda til tider også fejl-funderinger [Niels Foged, 13. maj 2014].

I Rusland ser vi også en række håndfaste regler omkring permafrostfundering. Man har i Rusland enorme arealer med permafrost og dybe sedimentære lag. Hvis ikke de forholder sig til dette, bliver der ikke bygget i disse dele af landet [Niels Foged, 13. maj 2014].

Rusland er derudover et af de lande der er hårdest ramt af den globale opvarmning. Når temperaturen i Grønland stiger med 2 – 4 °C stiger den måske, i den arktiske del af Rusland 7 – 9 °C. Dette gør også, at man er nød til at forske i forskellige metoder for at sikre bygninger funderet i permafrost mod kollaps ved optøning. Dette gør også, at man ser rigtig mange alvorlige skader på bygninger som følge her af [Niels Foged, 13. maj 2014].

## 6 Projekter gennem tiden:

Formålet med dette afsnit er at samle noget af den viden og erfaring, der er blevet indsamlet gennem tiden. Afsnittet bygger på materiale fra både bøger, artikler, samtaler, e-mails og interviews. Interviewsene er med lavet en række personer, der har været med inde over projekter enten som ingeniører, entreprenører eller lovgivende enhed.

### 6.1 Sisimiut

Sisimiut er formegentligt den by, hvor man har gjort sig flest erfaringer med at bygge på permafrosne sedimenter. Dette skyldes blandt andet det mildere klima end i nogen af de mere nordlige byer, hvilket gør at permafrosten er mere ustabil, og man derfor er nødt til at være mere omhyggelig i forhold til at sikre mod varmetransport og lignende. Der er samtidig flere attraktive byggeområder, hvor der er tykke sedimentlag oven på fjeldet. Disse grunde blev igennem 50'erne og 60' flittigt brugt. Det kostede mange byggerier, da der skete fejl i funderingerne, grundet manglende viden omkring området. Til gengæld er det alle disse fejl der har været med til at give os den viden, der i dag er på området omkring fundering og anlæg på permafrost. [Niels Foged, 13. maj 2014].

Sisimiut har siden 90'erne været igennem en fase med meget høje temperaturer. Dette har resulteret i optøning af tidligere frosne aflejringer. I forhold til passive permafrostfunderinger er dette ikke godt, og det har også haft den betydning, at man ikke længere udvider byen på de arealer, hvor der er sedimentære lag med permafrost [Niels Foged, 13. maj 2014].

Permafrosten i Sisimiut og omegn er karakteriseret ved at være diskontinuert, og det er på sletten ikke unormalt at se store variationer i tilstedeværelsen af permafrost bare inden for 10 meter. Termografdalen er et godt eksempel på dette, hvor de lavtliggende områder er uden permafrost, og de højtliggende områder, hvor der er permafrost samlet, kan indeholde helt op til 4 til 5 meter is [Niels Foged, 13. maj 2014].

#### 6.1.1 Den gamle kirke

på Figur 6-1 ses den gamle kirke, efter der er lagt et I-profil under bygningen for at stabilisere den. I-profilet bevirker, at det er hele siden, der sætter sig, hvis der skulle opstå sætninger. Dermed sikrer I-profilet imod skævheder i bygningens konstruktion. Der er efterfølgende muret et stenfundament op omkring, som ligner det originale fundament. Dette er ifølge Niels Foged en ganske fin løsning, når permafrosten er stabil men med den optøning, der er set i Sisimiut, vil det formegentligt gå galt på et tidspunkt [Niels Foged, 13. maj 2014].



Figur 6-1 Den gamle kirke i Sisimiut sat oven på et I profil, for at sikre den mod sætninger.  
Foto: Egil Borchersen

### 6.1.2 Halvejshuset

Halvejshuset er et større rødt hus, der er placeret halvvejs op af det første stykke af havnebakken i Sisimiut. Det er et gammelt pakhus opført i 1844. Navnet Halvejshuset kommer sig af, at der ved opførelsen formegentlig ikke var plads til det på havnen, og det blev derfor i stedet placeret, hvor det ligger nu - halvvejs mellem havnen og kolonibygningerne [web8]. Huset er et træbeklædt bindingsværkshus funderet på syldsten, hvor der har været gravet af ned til permafrosten og derefter lagt store sten ud, som fundamentet er lagt på. Der er flere steder på fundamentet tydelige spor på, at det har sat sig [Niels Foged, 13. maj 2014].



**Figur 6-2** Det oprindelige fundament ses tydeligt, med cement imellem stenene, løse sten er lagt oven på for at støtte huset.  
Foto: Niels Foged

Fundamentet har nogle kraftige sætninger, som er meget tydelige at se. På Figur 6-2 ses det ene hjørne af fundamentet, som har en betydelig sætning. Der er her valgt at løfte huset en anelse for at ligge en sten under, hvilket er gjort gentagende gange år efter år, som fundamentet har sat sig, som også kan fornemmes på billedet [Niels Foged, 13. maj 2014].

Tilfældet med Halvejshuset er et klassisk eksempel på, hvad der sker, når der funderes uden, at der er styr på bundforholdene. Dette, samt at der ikke har været ordenligt styr på afvandingen, har givet den store sætning. Det er dog en af de ting man har lært gennem tiden i Grønland, og denne type funderingsfejl opstår sjældent nu om dage [Niels Foged, 13. maj 2014].

### 6.1.3 De syv små hjem

De syv små hjem var funderet på plateauet mellem hospitalet og Brugsen. De var alle opført på randfundamenter efter danske byggestandarder, og der var derfor ikke taget højde for permafrosten i de sedimentære lag. Dette har betydet, at man ikke mange år efter opførelsen måtte rive flere af husene ned grundet revner som følge af differentiælsætninger. Der var i dette tilfælde gravet ned til frostspejlet, som man dengang havde antaget var fast fjeld eller i hvert fald så hårdt, at man kunne fundere på det [Niels Foged, 13. maj 2014].

Et enkelt af disse huse kan stadig ses i dag ses. Det var det eneste hus, som var funderet på fast fjeld. Huset er i dag indrettet som cafe over for Brugsen og Tele-Post. De to underlæggende billeder som ses i Figur 6-3 og Figur 6-4 viser husene kort efter opførelse og et billede taget fra samme sted i 2006. Det er på andet billede kun hus nr. 2 der står tilbage.



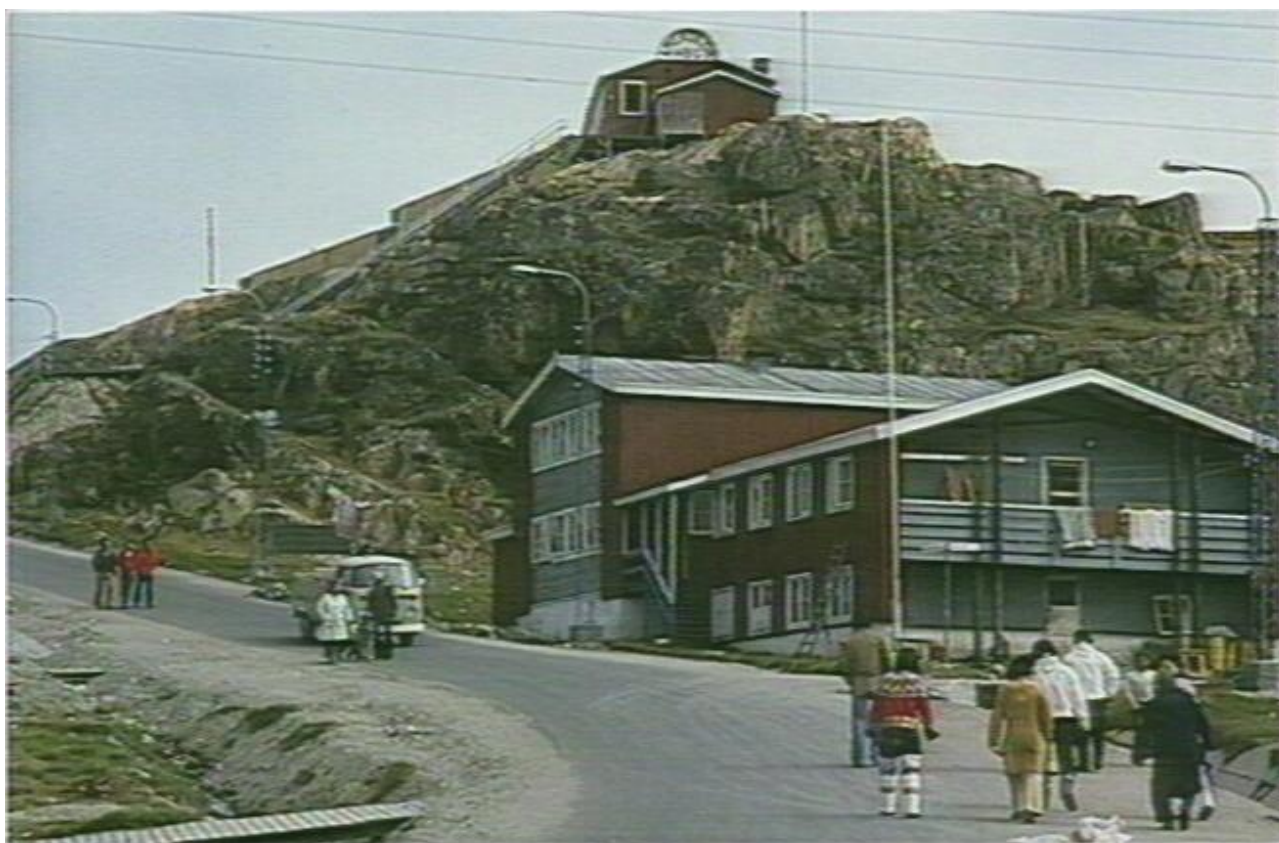
Figur 6-3 De syv små hjem til venstre, hospitalet til højre.  
Foto: Arktisk Institut



Figur 6-4 Samme billede, her fra 2006. det er kun hus nr. to der står tilbage i dag.  
Foto: Egil Borchersen

#### 6.1.4 Alderdomshjemmet

Alderdomshjemmet stod på øverste stykke af havnebakken parallelt med vejen. I den nordøstlige ende var det funderet på fast fjeld, men i den sydvestlige var det funderet på løsjord. Løsjorden her er permafrossent og indeholder store mængder frossent vand. Grundet uvidenhed blev der ikke tænkt over hvilken effekt, ændringer i temperaturen i de underlæggende jordlag ville betyde, hvilket resulterede i kraftige sætninger under den sydvestlige ende af plejehjemmet. Som Niels Foged så fint udtrykker det: *”Da de river den ned, der gik rygterne på følgende måde, at man i princippet kunne se ind til de gamle, der sad inde i deres små stuer igennem revnen i væggen, fordi det simpelthen var blevet trukket”* [citat: Niels Foged, 13. maj 2014]. Alderdomshjemmet er ifølge Niels Foged bestemt en af de mere alvorlige fejl, der har været begået gennem tiden i forbindelse med fundering på permafrost i Grønland [Niels Foged, 13. maj 2014]. Alderdomshjemmet kan ses på billedet i Figur 6-5:



Figur 6-5 Alderdomshjemmet i Sisimiut, inden det blev revet ned grundet sætninger.  
Foto: Ukendt Udleveret fra Egil Borchersen

### 6.1.5 KGH-butik og bageri

KGH-bygningen var en butik med beliggenhed på skråningen mellem Halvvejshuset og Sømandshjemmet 50-100 meter fra havnebakken placeret parallelt med vejen. Butikken med dertilhørende bageri blev opført i 1952 og var inden vinteren lukket. Gennem byggeperioden '53 blev installationer og færdiggørelsesarbejde udført. Bygningen blev taget i brug først på vinteren '53/'54 [GTO, sag 8112, 1958].

Man var i denne periode godt opmærksom på den eksisterende permafrost i dette område, og der blev inden opførelsen lavet beregninger, der skulle sikre dens stabilitet [Niels Foged, 13. maj 2014].

Bygningen var en toetagers bygning med kælder. Under knap en femtedel af bygningens vestlige ende var der fjeld, og det var af den årsag, man besluttede at ligge bageren her. Mod bygningens østlige ende gik fjeldet ned, og det vurderedes, at der var op til ca. 4 meter sediment under fundamentet i den østlige ende. Da man var bekendt med permafrosten, valgte man derfor at placere bageriet i stueplanen. Kælderen skulle bruges til lager, og var frostfri men kold [GTO, sag 8112, 1958].

Bygningen var i 1957 meget medtaget af sætninger, og det stod klart, at der skulle gøres noget med det samme, hvis bygningen skulle overleve. Der var i kælderen blevet målt temperaturer op til 25°C i 1956. Dette blev taget til efterretning, og i 1958 var temperaturerne nede på ca. 10 °C [GTO, lb.nr. 378 af 21. maj 1962].

Bygningen blev gennemrenoveret to gange – første gang i 1958 og igen i 1962 efter nye revner og sætninger. Da bygningen tredje gang fik sætninger og revner til trods for overvågning af kældertemperaturen, blev det i 1969 besluttet at rivebygningen ned [GTO, lb.nr. 1971 af 20. januar 1969].

Butikken ses i Figur 6-6. Niels Foged beretter *"Man sagde, det lignede simpelthen en hval den bygning. Så meget var den knækket i enderne, og den blev revet ned"* [citat: Niels Foged, 13. maj 2014].

Alt tegningsmateriale, projektbeskrivelser, beregninger osv., der er lavet på bygningen, er tilgængeligt på tegningsarkivet under Grønlands arkiv i Nuuk.



Figur 6-6 KGH butikken, med bager i underetagen.  
Foto: Ukendt udleveret af Egil Borchersen

### 6.1.6 Blok 12

Blok 12 var en af de mange betonblokke, der i slutningen af 60'erne blev opført i præfabrikerede elementer. Blok 12 skal nu rives ned grundet permafrosten. Blokkens fundament skulle efter sigende være knækket på midten og ligger nu og bevæger sig op og ned i cyklus med årstiden – opad om vinteren og nedad om sommeren [Inooraq Brandt, 19. juni 2014].

Blokken er funderet på pæle gennem permafrosten til fast fjeld. Der er lavet målinger på sætningerne, der svinger mellem 10 og 20 cm [Jørn Thomsen, 24. juni 2014].

### 6.1.7 Permafrostvejen

Et godt eksempel er svinget i bunden af "Permafrostvej" (se Figur 6-7), hvor bussen flere gange har haft forbud mod at køre grundet sætninger, der var så store, at der ville være fare for at bussen væltede. Om sommeren ser man typisk vand samle sig i ved siden af vejen på den høje side af svinget. Dette gør, at man får vandstrømning igennem vejaksen, som tilfører en masse varme [Inooraq Brandt, 19. juni 2014].

Vejen fungerede engang fint, men efter der kom en masse tung trafik, som netop gerne vil køre på dette stræk, da det er fladere end havnebakken, medførte det sætninger i vejen. Det eneste rigtige at gøre i dette

sving ville være at fjerne vejen helt og lægge en korrekt dimensioneret vejkasse [Jørn Thomsen, 24. juni 2014].



Figur 6-7 Hullet i vejen er en sætning, der er opstået grundet permafrost, der er tøet.  
Foto: Lånt fra slideshow af Thomas Ingemann Nielsen

### 6.1.8 Andre projekter

Af andre projekter bygget på permafrost kan blandt andet nævnes sygehuset i Sisimiut [Privat samtale med Vagner Kramer]. Her valgte man at afgrave op til 5 meter sediment for at kunne fundere på fast fjeld. Sygehuset kan i øvrigt ses på billederne Figur 6-3 og Figur 6-4. Sygehuset er den gule bygning ude til højre.

En anden bygning er Tele-Post-bygningen, der er opført i nyere tid, hvor man også valgte at grave det sedimentære lag af. Her er på det dybeste sted afgravet et lag på 13 meter. Der er efterfølgende funderet med pæle fra fast fjeld til overfladen. Pælene er støbt i sammensvejsede tøndes, og de afgravede sedimenter er erstattet med frostsikkert materiale [Jørn Thomsen, 24. juni 2014]. Billede fra opførelsen af Tele- Post-bygningen kan ses herunder på Figur 6-8.



Figur 6-8 I sammensvejsede tønder støbes pælene til fundamentet til Tele-Post bygningen i Sisimiut  
Foto: Egil Borchersen

## 6.2 Kangerlussuaq

I Kangerlussuaq findes kontinuerlig permafrost. Der er indlandsklima, hvorfor der bliver meget koldt i vinterhalvåret, og der er ikke ret meget sne, hvilket giver gode betingelser for nedkøling af jorden. Permafrosten findes typisk fra en dybde fra 2-3 meter og til stor dybde på mere end 30-100 meter. Sedimentlagene er ved Kangerlussuaq tykke, og det er ikke muligt at fundere på pæle til fjeld hvor lufthavnen og byen ligger [Niels Foged, 13. maj 2014].

Der findes to typer af sedimentlag i området omkring Kangerlussuaq. Den første er marine aflejringer bestående af ler og silt. Disse lag kan ofte være mere eller mindre udvaskede. Den anden type aflejringer er sand- og grusaflejringer. Basen og lufthavnsbygningerne ligger på aflejringer af sand og grus, hvorimod landingsbanen bevæger sig i den vestlige ende ned mod ler- og siltaflejringerne [Niels Foged, 13. maj 2014].

Temperaturen er steget mærkbart over de sidste årtier – somrene er blevet længere og varmere, og vintrene er blevet mindre kolde [Jørgen Mortensen, 26. juni 2014]. Der er flere steder begyndt at vise sig lunger i landskaber, som ikke tidligere har været der [Fritz Baumann, 26. juni 2014].

Det kun meget få steder muligt at fundere til fast fjeld, hvorfor mange bygninger er funderet på stolper. Typisk ses typisk tre slags funderinger i Kangerlussuaq. Den første er huse funderet på pæle som ses på Figur 6-9. Huset er løftet godt op for at sikre, at varme fra huset ikke skal overføres til jorden. Nogle vælger at sætte en form for beklædning på fundamentet, hvilket ikke har nogen negativ effekt så længe, der bliver opretholdt en tilstrækkelig gennemluftning.



Figur 6-9 Typisk pælefundering.

En anden type fundering, man typisk ser, er den lidt fladere pælefundering, der ofte bruges til de større bygninger Figur 6-10:



Figur 6-10 Det fladere stolpefundament  
Foto: Egil Borchersen

Basen i Kangerlussuaq består af mange store bygninger alle med et meget stort grundareal. Man har på lagerbygningerne valgt at bruge løsningen med passiv køling gennem et system af ventilationsrør, som er den tredje funderingsmetode (Figur 6-11). Desværre er der tilsyneladende ikke længere nogen på området,

der åbner og lukker for spjældene om sommeren og vinteren. En gåtur rundt på den gamle base viser hurtigt, at spjældene på alle udluftningskanalerne står meget blandet – nogle åbne, andre lukkede, nogen står midt mellem åben og lukket, og på andre er spjældet helt væk. Mange af bygningerne henstår uden at være i brug [Niels Foged, 13. maj 2014].



**Figur 6-11 Større hal funderet direkte på terræn men med et system af ventilationsrør under bygningen til at hold jorden kold**

Der findes på basen et stort vedligeholdelsescenter, som stadig er i brug. Heller ikke her ser det ud til, at der er styr på spjældene. Der er ingen tvivl om, at bygningerne er opført efter alle kunstens regler og har stået uden bemærkninger, så længe der har været folk, der har haft kendskab til vedligeholdelsesprocedurer samt manualer for vedligeholdelse og drift af anlæggene [Niels Foged, 13. maj 2014].

### **6.2.1 Rørlægning**

Det er kun 4 år siden, at man i Kangerlussuaq begyndte at grave kloakrør ned. Der har end ikke været problemer med de kloakker, der er lagt under jorden

### **6.2.2 Almindelig parcelhusfundering**

Flere steder i Kangerlussuaq er der gennem det sidste stykke tid funderet almindelige parcelhuse. Man borer typisk til en dybde af 2,5 meter, hvis man endnu ikke har ramt permafrosten, og hvis materialet ellers er grovkornet, funderes der bare som ved en almindelig løsjordsfundering. Der er ligeledes funderet en del

Illorput 2000 huse, hvor man graver remme ned og sætter et stolpefundament på dem [Jørgen Mortensen, 26. juni 2014]. Kun en enkelt gang har Jørgen Mortensen oplevet, at der er kommet sætninger på et af de huse, han har funderet.

### 6.2.3 Nødhotellet

Da basen stadig var amerikansk, var det basens fængsel. I dag bliver bygningen brugt som nødhotel. Bygningen er en lang hvid bygning i to etager funderet på pæle. Den ligger parallelt med vejen mod det sydvestlige område af basen. Man måtte på et tidspunkt erkende, at man ikke havde styr på bygningen, da der var begyndt at komme sætninger i den vestlige ende. Man satte på daværende tidspunkt et køleanlæg op, der aktivt kunne køle jorden omkring fundamentet. Dette, var der nogen der mente, var spild af penge at have et sådan køleanlæg kørende, så hvorfor man valgte at slukke for det igen. Dette resulterede i, at et hjørne på bygningen satte sig yderligere 20 cm over en kort strækning [Niels Foged, 13. maj 2014]. Niels Foged har prøvet at sove i et af værelserne, hvor sætningerne har fundet sted, og fortæller begejstret "*Du ligger på en seng, der i hvert fald har differenssætninger på 5 – 10 cm*" [citater: Niels Foged, 13. maj 2014].

På Figur 6-12 ses hotellets hjørne, der har sat sig. Ligeledes ses et nyt køleanlæg, der er blevet sat op. På Figur 6-13 kan ses frostslangene der fra køleanlægget bliver ført ned i grunden gennem nogle rør for at holde jorden omkring hotellets hjørne frossen. Det fremgår ikke så tydeligt af billederne her, men der er ikke meget udluftning under hotellet, da sand er fyget sammen under det, hvilket bevirker, at nedkølingen af jorden i vinterhalvåret bliver forringet. Ligeledes ses det, at der er vegetation langs fundamentet. Dette fanger den smule fygesne, der måtte være i løbet af vinteren, og kan komme til at betyde at udluftningen helt udebliver.



Figur 6-12 Nødhotellet i Sønderstrøm



Figur 6-13 Køle slanger til afkøling af jordlagene

#### 6.2.4 Den nye terminalbygning

Den nye terminalbygning er funderet på pæle boret ca. 1 meter ned i permafrosten. Der er på flere af pælene sat temperaturloggere, så man kan holde øje med temperaturen omkring fundamentet. Man kan nøjes med at bore dem 1 meter ned, da materialerne typisk er grovkornede og uden et vandindhold [Jørgen Mortensen, 26. juni 2014].

### 6.3 Ilulissat

Der er gennem de sidste 20 til 25 år sket tydelig ændring i klimaet i Ilulissat. For 40 år siden mente man, at permafrosten i Ilulissat var stabil, men dette er ikke længere en realitet. Ændring i floraen er et eksempel på hvordan klimaet har ændret sig til det varmere. Der er kommet mange blomster, som ikke var i Ilulissat for 20 år siden heriblandt mælkebøtten [Tom Fussing, 30. juni 2014].

#### 6.3.1 Knud Rasmussens hus

Knud Rasmussens fødehjem, Præstegården, er et af de huse, der blev opført af kolonimyndigheden i 1800tallet. Huset er funderet på syldsten lagt på permafrosne sedimenter. Dette har givet store problemer, efter det er begyndt at blive varmere i klimaet. Man har grundet den kulturhistoriske værdi, huset har, gjort en masse ud af at få understøbt fundamentet og sørge for minimal varmetransport fra huset til i jorden under huset [Niels Foged, 13. maj 2014].

#### 6.3.2 KNI-butikken

KNI/Pisiffik-bygningen i Ilulissat er bygget i 1988 og pælefunderet med borede pæle til fjeld – nogle steder op til 22 meter dybt. Bygningen ligger i et sumpområde, men da bygningen skulle opføres var der mange andre placeringer i spil, hvor den kunne funderes direkte på fast fjeld. Der var dog ingen andre muligheder uden, at man ville komme mindst en kilometer uden for centrum, hvilket ikke var attraktivt for en butik af den størrelse. Bygherre insisterede derfor på, at den skulle placeres, hvor den ligger i dag [Henrik Larsen, 20. juni 2014].

Pælene på Pisiffik er 30 x 30 pæle i jernbeton, med en spids jernkappe nederst. Pælene er smurt ind i et glidemiddel, så frosten ikke får ordentligt fast [Tom Fussing, 30. juni 2014]. Et boreselskab fra Danmark blev hyret til at bore betonpælene ned i fast fjeld [Henrik Larsen, 20. juni 2014].

Der var inden projektopstart mange løsninger i spil til at håndtere permafrosten. Permafrosten havde i området en temperatur på -3 til -4°C, men grundet et højt saltindhold i ler og siltlagene vil en optøning ske noget tidligere end ved 0°C. Derfor faldt valget på en pælefundering til fast fjeld, da dette mentes at være den bedste løsning. Hullerne er boret med et jordbor, og da fjeldet blev nået, blev der skiftet til fjeldbor.

Der blev boret ned i fjeldet, indtil man var sikker på, at der var en flad bund i hullet på fast fjeld, så pælene ikke ville skride [Case story, 1989].

### 6.3.3 4 bygninger i dalen

Det kunne konstateres på en gåtur rundt i Ilulissat by i slutningen af juni indeværende år, at den lokale tankstation var i gang med at blive revet ned. Tidligere ingeniør Tom Fussing kunne bekræfte, at dette var grundet store sætninger, som følge af en fejlfuldning på permafrosten [Tom Fussing, 30. juni 2014].

Bag ved tankstationen ligger en lille hal samt to enfamilieshuse, som er bygget sammen. De to enfamiliehuse har ligeledes voldsomme sætninger. Ingen bor i husene, og de vil formegentligt også blive revet ned. Den lille hal har over et stræk på ca. 8 meter sat sig godt 30 cm [Tom Fussing, 30. juni 2014].

Alle 4 bygninger er pladefunderet og er lavet ved, at man har planet ud og lagt en isoleringsplade. Oven på isoleringspladen er støbt en armeret betonplade, som man har bygget på [Tom Fussing, 30. juni 2014]. På Figur 6-14 ses et hjørne af en sådan plade – hjørnet er løftet lidt grundet bevægelser i jorden. Det ses ud fra billedet, at den nederste halvdel er isoleringsmateriale.



Figur 6-14 Hjørne af en pladefundering, ca. 20 cm jernbeton støbt ud på en isoleringsplade.

Der forsøges dog at rette hallen op, da denne kan bruges til opbevaring, og da det ikke har nogen betydning, at grundplanet i hallen er skævt. Det lokale tømrer- og entreprenørselskab Sannassisoq er blevet hyret til at prøve at rette selve konstruktionen af hallen op, hvilket gøres med flere hydrauliske donkrafte. Med

donkraftene løftes hele den rammekonstruktion, der er lavet oven på fundamentet, og der kan så stille og roligt klodses op, så bygningen bliver rettet delvist op igen. Se Figur 6-16, hvor man er i gang med at løfte konstruktionen. Pladefundamentet er dog knækket, og sætningerne i gulvet gør man ikke noget ved [Knud Andersen, 1. juli 2014]. Se Figur 6-15, hvor det tydeligt ses, at pladefunderingen er knækket:



Figur 6-15 Det ses tydeligt at pladefunderingen er knækket



Figur 6-16 Hallens konstruktion rettes op ved brug af donkrafte.

### 6.3.4 Prøvevejen

Bigum & Steenfos A/S lavede i 70'erne en prøvevej i Ilulissat med 3 stræk af 50 m, hvor vej-kassen er lavet med forskellige typer af isolering – dels med trykfast polystyren og foamglas, isoleringsmateriale, i forskellige tykkelser [Niels Vallentin, 20. juni 2014]. Der var i vejstrækket indlagt termometersonder, og GTO lavede i en længere periode målinger på vejen, som blev sendt til København [Tom Fussing, 30. juni 2014]. Tom Fussing beretter, at der mellem de forsøgsisolerede stræk godt nok også var prøvet at lave en fornuftig vej-kasse, men alligevel var der sætninger på en halv meter inden for 20 meter vej.

Under en kloaklægnings langs med prøvevejen, der passerede en tilløbende vej, gravede man dybere end, der havde været gjort ved udlægningen af kloakken. Under udgravningen kom man ned til en islinse i krystallklar is af en tykkelse på en halv meter. Islinsen lå i et lag af silt. Man forsøgte ved reetablering af vejen at ligge et pat tykke spunsjern ned for at holde på materialet og sikre at trykket fra vejen ikke skulle knække kloakledningen. I dag er der store sætninger, hvor kloakken ligger. Sedimentlaget under er ca. 12 meter med permafrost helt til fjeld [Tom Fussing, 30. juni 2014].

### 6.3.5 Lufthavnsvejen

Lufthavnsvejen fik også store sætninger, men man vurderede dog her, at sedimentlaget var stort set konstant tykkelse på strækket, hvor det satte sig. Man regnede derfor med, at sætningerne ville være af

samme størrelse på hele strækket. Dette var dog ikke tilfældet, og der kom store sætninger [Tom Fussing, 30. juni 2014]. Strækket med sætninger er senere blevet rettet op flere gange, og derfor er der nu et asfalt lag på ca. 90 cm. Se Figur 6-17:



**Figur 6-17** tyk asfalt lag på lufthavsvejen over et stræk med permafrost.

Lufthavsvejen er projekteret efter alle kunstens regler med et indlæg af 100 mm polyester, hvor vej-kassen ikke er ført til fjeld for at holde varmen væk fra permafrosten [Stenfors et al., 2012, p354]. Der er også lagt vejskuldre til at lede vand væk fra vej-kassen. Kort før det viste vejstræk holder vejskuldrene dog op, angiveligt fordi man løb tør for materiale [Tom Fussing, 30. juni 2014].

### **6.3.6 Vejen gennem midtbyen**

På vejen op gennem midtbyen er der forsøgt med hvide fliser på skråningerne, da man troede, at det ville reflektere en betragtelig del af varmen fra solen. Dette har dog ikke haft den store effekt på vejen [Tom Fussing, 30. juni 2014].

### **6.3.7 Det lokale Toyota værksted**

Det lokale Toyota værksted er et godt eksempel på hvad der sker når man tilføjer varme til permafrosten. Der er mellem de to porte i bygningen installeret et fyr, se Figur 6-18. Hele bygningen læner sig nu ind mod fyret det ses specielt på taget og porten i både top og bund i højre side af billedet [egen observation]



Figur 6-18 Sætninger på det lokale Toyota værksted

## 6.4 Thule

Knud Rasmussen mødte under et besøg i New York oberst Bernt Balchen og faldt i snak. Knud Rasmussen fik fortalt, at der i Pituffik-området var ganske velegnet til anlæg af en landingsbane. Denne samtale blev starten på et samarbejde mellem Danmark og USA. I 1942 blev der foretaget en fotorekognoscering af Thuleområdet, og i 1943 anlagde amerikanerne Blue West Six også kaldet Dundas. I 1946 blev der oprettet en større dansk amerikansk vejerstation samt en 1300 meter landingsbane i den sydvestlige ende af Pituffik-dalen. Der blev igennem '47 og '48 gennemført en omfattende rekognoscering fra fly, og i '48, '49 og '50 en grundig opmåling af hele Pituffik-dalen. Pituffik-dalen ligger nøjagtigt midtvejs mellem New York og Moskva, og af denne grund er den en taktisk placering for USA [Stenfors et al., 2012, p130-138].

I 1951 startede forberedelserne til opførelse af den endelige Thule Air Base op. North Atlantic Constructors, NAC, skulle stå for opførelsen, der var den største nogensinde i et højarktisk område. Opførelsen af Thule har derfor i store drag været med til igennem tiden at give Grønland nogle af de løsninger, man i dag bruger i permafrost fundering. Thule blev et stort eksperimentelt anlægsbyggeri, da man ikke havde den fornødne

specialviden, der kræves inden for permafrostfundering. Mange løsninger blev afprøvet, og en stor del af det gik godt [Stenfors et al., 2012, p130-138].

Der blev på baseområdet op gennem 50'erne udført omfattende videnskabelige aktiviteter inden for geoteknik og fundering i permafrost. I perioden afprøves alt, hvad man kan komme på af muligheder inden for funderingsmetoder [Niels Foged, 13. maj 2014].

Der foreligger en lang række materiale, som er tilgængeligt fra bygninger opført i Thule, og der er i nyere tid også gennemgået en del af de funderingsmetoder, der har været afprøvet og brugt. Niels Foged peger blandt andet på Inooraq Brandt, der har været med inde over vurderingen af disse materialer, som har ført til både et bachelorprojekt og et masterprojekt. Begge projekter er ifølge Niels rigt illustreret med både forskellige funderingsprincipper, og hvornår det går galt [Niels Foged, 13. maj 2014].

## **6.5 Qaanaaq**

Qaanaaq er den nordligste by i Grønland, og med en årlig middeltemperatur på under -10 er det også et sted hvor permafrosten uden tvivl er kontinuer. Selv på en lun sommer dag er jorden så kold, at hvis du ligger en plade isolering, vil der i løbet af en kort periode være frossen jord lige under den [Niels Vallentin, 20. juni 2014].

I forhold til andre byer er Qaanaaq er en lidt speciel by, da alt stort set skal bygges på sedimenter med permafrost [Inooraq Brandt, 19. juni 2014].

### **6.5.1 Butikken**

Butikken i Qaanaaq er opført på et betonfundament på permafrost ved hjælp af en gruspude [Henrik Larsen, 20. juni 2014].

### **6.5.2 Lufthavnshallen**

Hallen ved lufthavnen er funderet ved, at man har lagt isolering direkte ud på terræn og derefter lagt en gruspude oven på og funderet i denne [Henrik Larsen, 20. juni 2014].

### **6.5.3 Fundering af skolen**

Under nedbankning af pæle til opførelsen af skolen begyndte der at strømme kildevand op gennem hullet, da man havde banket gennem et lag af frost ned i et vandførende lag med overtryk. Man valgte at fortsætte arbejdet som forskrevet. Der blev lagt isolering rundt om pælen, og hullet blev dækket til. Der har siden hen ikke været problemer med sætninger [Jørn Hansen, 23. juni 2014].

#### 6.5.4 Nyt boligprojekt

Orbicon er i øjeblikket i gang med et projekt omkring en grusvej, som de skal starte op om kort tid i Qaanaaq. Grusvejen skal føres ned til en række boliger, som de også har projekteret. Det øverste lag af sediment er blevet gravet af, og en ca. 2 m. dyb gruspude er lagt. Bygningerne bliver funderet på stolpefundamenter, der er gravet ned i gruspuden. Man har valgt at bruge en blanding af et stolpefundament og en gruspude, da det gør, at selve fundamentet kan regnes på som en almindelig statisk bestemmelse, da de sætningsgivende forhold kan trækkes ud af ligningen [Inooraq Brandt, 19. juni 2014].

### 6.6 Erfaringer

Der er blevet gjort en lang række erfaringer op gennem tiden i forbindelse med permafrostfundering.

#### 6.6.1 Samarbejde mellem entreprenører og ingeniører

Der kan somme tider opstå problemer i forbindelse med, at entreprenøren ikke har det rette kendskab til materialer og viden om, hvad permafrost overhovedet er [Jørn Hansen, 23. juni 2014].

Derudover er byggebranchen også præget af, at folk udtaler sig meget erfaringsbaseret og ikke altid videnskabelig korrekt, når de udtaler sig om permafrost [Inooraq Brandt, 19. juni 2014].

Der ses også udskiftning blandt entreprenører ligesom ingeniørerne i Grønland. Der er en del gamle garvede entreprenører, der ved hvordan de skal forholde sig til permafrosten, og hvordan den skal håndteres. Men der findes også en del, der ikke ved hvordan man skal håndtere permafrosten. Derfor sker det til tider, at det er den garvede entreprenør, der fortæller den nye ingeniør, hvordan tingene skal laves [Tom Fusing, 30. juni 2014].

Det har været stor udskiftning af ingeniører i Nunatek, GTO og lignende organisationer. Dette gjorde, at man ofte troede, at man havde opfundet den dybe tallerken igen, men dette var dog kun, fordi man ikke havde set de gamle arkiver igennem [Tom Fusing, 30. juni 2014].

#### 6.6.2 Når det går galt

Niels Foged påpeger, at en af de væsentlige grunde til, at der opstår problemer med permafrostfunderinger er, at man undervejs mister de erfaringer, man har gjort sig. En stor del af bygningerne på Thule er funderet direkte på jorden men med udluftningskanaler under bygningerne til at ventilere og nedkøle jorden om vinteren. Glemmer man at lukke disse kanaler om sommeren, vil det have modsatte effekt, da varm luft nu strømmer under bygningen og varmer jorden op. Dette er et problem, hvis der med tiden ikke er enighed, om hvem det er, der sørger for at disse spjæld bliver åbnet og lukket på de korrekte tidspunkter. Gennem

Inooraq Brandts undersøgelser på Thule og dels egne eftersyn på bygningerne i Kangerlussuaq er det blevet observeret, at disse spjæld ikke bliver lukket om sommeren [Niels Foged, 13. maj 2014].

Specielt på baserne, hvor der er stor udskiftning i de ansvarlige for vedligehold af bygningerne går viden tabt. Dette skyldes, at der ikke findes ordentlige manualer til, hvordan der skal vedligeholdes, og dels fordi overdragelse måske ikke er så komplet, som den kunne være [Niels Foged, 13. maj 2014].

En anden væsentlig grund til at det går galt er, at man i dag har en helt anden indstilling til, hvordan et arbejdsmiljø skal være i en arbejdshal. Arbejdshallerne på Thule er ifølge Niels Foged dimensioneret til at have en indvendig temperatur på 5 til 10 grader celsius. Flere steder har arbejdstemperaturen med tiden kommet helt op på 25 grader celsius, så man ikke behøver overtøj, når man arbejder. Temperaturer over dimensioneringstemperaturen starter en optøning i permafrostlagene, hvilket kan resultere i sætninger. Disse sætninger gør, at ventilationssystemet under bygningen får bagfald. Eventuelt vand i ventilationskanalen vil derfor løbe mod midten af bygningen og kan i værste fald skabe en vandlås så udluftningen ophører [Niels Foged, 13. maj 2014].

Et andet problem man løber ind i ved permafrostfunderinger er, at befolkningen generelt ikke ved, at det er meget vigtigt at få drænet vand væk fra fundamentet. Dette er noget, der desværre har kostet mange sætninger rundt omkring i Grønland [Niels Foged, 13. maj 2014].

## 7 Byggelovgivning gennem tiden

Den 21. juli 1914 bliver den første lov omkring husbygning indført i Grønland. Denne lov bestående af 5 paragrafer går hovedsageligt ud på at skulle fremme indeklimaet og fastsætter ingen regler eller krav til hverken fundament eller konstruktion, udover at gulvet skal være løftet minimum 30 cm fra terræn [Madsen, 2007, p225].

Den første tilføjelse kommer herefter først i 1934 i form af et regulativ for foranstaltninger mod brand. Byggelovgivning før 1950 omhandler typisk hygiejneforhold, da det på daværende tidspunkt var styrelsens absolutte mål at give grønlanderne bedre boligforhold, der var tilsvarende de danske [Madsen, 2007]

Da Grønland i 1953 gennem ændringen af grundloven bliver til et amt i det danske kongerige, skal levestandarden oppe og samme forhold, som man har i Danmark skal være til rådighed i de grønlandske byer. Det blev derfor GTO's opgave at skabe de retningslinjer, bestemmelser og vejledninger, der skulle fuldende den grønlandske byggelovgivning [Stenfos et al., 2012, p303].

Igennem perioden 1953 til 1981 udgiver GTO en lang række af love, bekendtgørelser og vejledninger. Af de vigtigste kan nævnes:

- 1957 – Publikation nr. 1 – Frost og fundering. [GTO, 1957]
- 1971 – GTO's "Projekteringsvejledning" bliver udbygget og opdateret frem til 1978.
- D. 1. januar 1981 overtager Hjemmestyret ansvaret for byggemyndigheden i Grønland. GTO's byggetjeneste varetager dog fortsat byggemyndigheden i Grønland nu bare på vegne af Hjemmestyret [Stenfos et al., 2012, p303-310].
- I 1982 udgives Grønlands første bygningsreglement, der erstatter de tidligere udgivelser af landsrådets vedtægter og Hjemmestyrets bekendtgørelser [Stenfos et al., 2012, p303-310].
- 1983 udgiver Grønlands Hjemmestyre foreløbige forskrifter til udfærdigede i henhold til Grønlands bygningsreglement 1982
- Fra 1. januar 1987 overtager Hjemmestyret ansvaret for boligbyggeriet, og GTO bliver nedlagt [Stenfos et al., 2012, p303-310].
- I 1994 oprettes Bygge- og Anlægsstyrelsen, som skal varetage byggemyndighedsopgaver. Bygge- og Anlægsstyrelsen bliver dog allerede i januar 1998 igen nedlagt men når i mellemtiden at komme med en opdateret version af de foreløbige forskrifter fra 1983 i april 1995 [Stenfos et al., 2012, p303-310].
- I 1999 oprettes direktoratet for boliger og infrastruktur, som stadig den dag i dag er ansvarlig for varetagelse af bygningsmyndigheden [Stenfos et al., 2012, p303-310].

- I 2006 udkom det i dag gældende bygningsreglement, BR 06 [Bygningsreglement, 2006]

## 7.1 Praktisk brug ved fundering

GTO udgivelse nr. 1, Frost og fundering blev udgivet i 1957 i et samarbejde mellem GTO og det rådgivende ingeniørfirma Nielsen og Rauschberger. Denne 20-siders vejledning samt tilhørende 13 figurer er det første materiale, der giver vejledning i, hvordan man skal bygge, når man bygger i områder med permafrost i Grønland. Den gennemgår de helt elementære forudsætninger for projektering og udførelse af fundamenter til småt byggeri i Grønland

Der er selvfølgelig byggelovgivning inde over alle de byggeprojekter, der bliver lavet, fortæller Jørn Hansen. Han peger dog på at det ofte kan være forvirrende, da det grønlandske bygningsreglement fra 2006 ofte henviser til en masse danske normer og SBI anvisninger, som bliver opdateret, og hvad er så det gældende. Er det den der er henvist til eller er det den nyeste. Bygningsmyndigheden i Grønland er flinke til at svare når der er spørgsmål, men problemet ligger i at der ikke bliver kommunikeret ud til de rådgivende virksomheder, bygningsmyndighederne, eller andre totalentreprenører. Dette gør at man kan sidde to forskellige steder i landet, og lave det samme projekt, men på meget forskellige vilkår. [interview #08, Jørn Hansen]

Da bygningsreglementet ikke er specielt detaljeret, må der ofte indhentes dispensation til bestemte projekter for at få det godkendt. Det sværeste for de rådgivende virksomheder ved det grønlandske bygningsreglement er dog, at det kan være svært at finde ud af, hvilke regler der er gældende, når du har flere funktioner under samme tag, hvilket gør sig gældende for en meget stor del af de projekter, som man har i Grønland. Et eksempel er det nye ingeniørkollegie i Sisimiut, hvor der har måttet bruges store summer for at leve op til reglerne for kollegiebyggeri, selvom det i virkeligheden er bygget som et lejlighedskompleks [Jørn Hansen, 23. juni 2014].

Til spørgsmålet "er der tilstrækkeligt med lovgivning omkring permafrostfundering" svarer Jørn Hansen "Klart nej, der er ikke nok, og det er ikke tilgængeligt. Det er kun erfaring, og videregivelse fra gamle rotter til andre der nu er ved at være det."

Det er ikke noget problem at finde løsninger fra canadisk materiale, og det er heller ikke sikkert at det er nødvendigt at den grønlandske lovgivning dækker permafrostfundering, men en henvisning til noget relevant materiale i lovgivningen kunne være en fordel. Eventuelt hæftet af GTO kunne der henvises til, for at skabe rammerne omkring projektering af permafrost projekter [Jørn Hansen, 23. juni 2014]. ☐  
Perspektivering?

Ud over at der ikke bliver stillet nogle generelle krav til fundering og anlæg på permafrost, peger Inooraq Brandt også på, at der heller ikke rigtigt bliver stillet nogle krav til jordbundsforhold, om så der er permafrost eller ej. Der skal altid laves en statisk eftervisning af det du bygger, men når det drejer sig om jorden så er der faktisk ikke så store krav til materialet. Der findes ikke rigtig nogen videnskabelig base på jord i Grønland, og hvad stivhed det faktisk har. [Inooraq Brandt, 19. juni 2014]

Som ingeniør vil man altid gerne have at det man bygger i bliver stående. Derfor er lovgivningen på det punkt heller ikke så vigtig. Der hvor det er et problem er når noget går galt, og der skal placeres et ansvar. Hvis ikke man har noget lovgivning at læne sig op af så er det også svært at argumentere for det ikke er dig som ingeniør der har gjort noget forkert. [Inooraq Brandt, 19. juni 2014]

Der har været problemer med byplanlovgivningen, da det er folkevalgte kommunale medlemmer uden videre teknisk indsigt, der har skullet godkende projekter. Det er desuden og set flere gange, at kommuneplanerne er skiftet i takt med hvilket parti, der har været i flertal [Tom Fussing, 30. juni 2014].

Rambøll læner sig typisk op ad GTO's publikation nr. 1 fra 1957 og andre gængse erfaringer fra kendte projekter, når der projekteres i permafrostområder. Større etagebyggerier og rækkehuse vil man helst holde sig fra, da der ikke er så meget egentlig viden omkring, hvad permafrosten egentlig kan bære, samt at byggelovgivningen som den er nu ikke giver mulighed for at være juridisk forsikret i det, man laver. Af den grund vil man altid vælge at flytte et større byggeri til et sted, hvor der kan funderes direkte til fjeld [Henrik Larsen, 20. juni 2014].

## 7.2 Gældende lovgivning 2014

Byggelovgivningen i Grønland følger bygningsreglementet fra 2006. Omkring fundering står der i bygningsreglementet 2006 (BR06):

Kapitel 5, i det grønlandske bygningsreglement, Konstruktive bestemmelser siger om fundering

### 5.1.1 Generelt:

Stk. 3. Fundering skal ske til bæredygtig bund eller på anden måde, så der ikke opstår skader som følge af bevægelser i jordbunden. Underlag for kloak- og drænledninger, fundamentskonstruktioner og lignende skal sikres mod skadelige bevægelser som følge af temperaturvariationer i jordbunden.

*(5.1.1, stk. 3) Funderingen skal blandt andet sikres mod bevægelser fremkaldt af vandstrøm gennem jordbunden, af frysning eller optøning af jordbundens vandindhold og af ændringer i selve*

### **5.1.2 Dimensionering af konstruktioner**

Stk. 1. Ved dimensionering af bygningskonstruktioner

skal anvendes følgende forskrifter for bygningskonstruktioner:

- Forskrifter for last på konstruktioner.
- Forskrifter for betonkonstruktioner.
- Forskrifter for stålkonstruktioner.
- Forskrifter for trækonstruktioner.
- Forskrifter for murværk.
- Forskrifter for fundering.

*(5.1.2, stk. 1) Forskrifterne, der udgives af Grønlands Hjemmestyre, fastslår hvordan, de tilsvarende normer for bygningskonstruktioner udgivet af Dansk Standard bruges med den for Grønland nødvendige tilpasning.*

Forskrifterne for fundering er umiddelbart ikke kendte på ingeniørkontorene rundt om i Grønland. Jørn Hansen fra Rambølls kontor i Sisimiut vidste dog, at der engang var udgivet et dokument med foreløbige forskrifter til Bygningsreglementet fra 1982. I disse foreløbige forskrifter udgør 7 linjer for fundering står følgende:

#### **Foreløbige forskrifter for fundering**

Ved Projektering og udførelse af funderingsarbejder følges de forudsætninger og de bestemmelser der fremgår af:

Dansk Ingeniørforenings norm for FUNDERING -

Dansk Standard DS 415

- i den udstrækning denne norm lader sig anvende i Grønland – og med de tillempninger de grønlandske forhold tilbringer.

Dansk Standard DS 415 er i Danmark med bygningsreglementet 2008 blevet erstattet af Eurocode 7, DS/EN 1997-1 Geoteknik - Del 1: Generelle regler og DS/EN 1997-2: Geoteknik - Del 2: Jordbundsundersøgelser og prøvning. I Grønland skal der dog stadig funderes ud fra DS 415 normen, da det er denne norm, det grønlandske bygningsreglement er opbygget omkring [privat korrespondance med Janus Køster].

I bygningsreglementet BR06

5.1.2, Stk. 2. Ved dimensionering af bygningskonstruktioner, der ikke omfattes af forskrifterne nævnt i stk. 1, er bestemmelserne i relevante normer udgivet af Dansk Standard retningsgivende i den udstrækning, det lader sig gøre.

Hvilket er nøjagtigt det samme som forskriften for fundering forskriver.

Der står i dansk standard intet om, hvordan man forholder sig til permafrost, så der er ikke videre noget hjælp at hente i lovgivningen på dette område.

Der står dog videre i Grønlands bygningsreglement:

5.1.2. stk. 3. Der kan afviges fra bestemmelserne i forskrifterne, når det over for kommunalbestyrelsen dokumenteres, at afvigelsen er forsvarlig.

Departementet for Boliger er i øjeblikket i gang med i samarbejde med dansk standard at koble de grønlandske konstruktionsforskrifter op på Eurocode. Udkast til en række grønlandske annekser, GL NA, kan allerede nu ses inde på Dansk Standard men er stadig ikke formelt sat i kraft. Det er dog ved flere projekter accepteret, at Eurocodes anvendes forsøgsvis for at få prøvekørt GL NA. Dette er med henblik på at afsløre eventuelle problemer inden ikraftsættelse af GL NA. Ifølge departementet vil ikraftsættelsen af GL NA ske i 2015 sammen med indførelsen af nyt grønlandsk bygningsreglement [privat korrespondance med Janus Køster].

Det foreløbige GL NA 7 oplyser ikke omkring fundering i frost eller permafrost, ligesom permafrost ikke er nævnt i Eurocode 7.

## 8 Diskussion

Jeg har gennem kapitel 6 præsenteret en række projekter omkring permafrostfunderinger i Grønland, hvor flere af dem ikke er gået godt. På denne baggrund vil jeg gerne finde frem til, hvilke metoder man kan benytte til permafrostfundering i Grønland for at opnå brugbare funderinger, og om der er nogle metoder til at undgå fejlfunderinger som set tidligere i Grønland. Afslutningsvist vil jeg herfra vurdere om det overhovedet kan betale sig at fundere på permafrost i Grønland.

Mange af de fejl, der er sket i forbindelse med fundering på permafrost i Grønland, skyldes, at danske standarder blev overført direkte fra Danmark til Grønland. Dette er der siden hen blevet gjort op med, og man har lært af sine fejl og gjort sig nye erfaringer. Dog ses der en tendens til at disse erfaringer går tabt, da der sker store udskiftninger i danske ingeniører, som kommer til Grønland og opbygger sig viden gennem deres arbejde, som herefter går tabt, når de flytter tilbage til Danmark igen. Der er derfor en tendens til man "opfinder den dybe tallerken to gange" i forbindelse med fundering i permafrost i Grønland, hvilket ville være ønskeligt at undgå. Denne kedelige tendens kunne vendes, hvis der kunne oprettes en form for vidensbank, der kunne sikre den viden, der gennem tiden var blevet opbygget, i stedet for at den opbyggede viden forsvandt med personen. En sådan vidensbank kunne med fordel også udvides til at omhandle andre områder inde for ingeniørkundskab i Grønland, men også andre retninger i det grønlandske erhvervsliv kunne gøre brug af denne vidensbank. At oprette og drive en vidensbank har dog den ulempe at det vil kræve arbejdskraft og i begyndelsen især meget tid at få oprettet og opdateret den. Dette tænkes at være en forholdsvis dyr investering, men hvis den vil mindske fejlfunderinger i permafrost, er det muligt, at det ville kunne betale sig i det lange løb at drive en vidensbank.

Der er set flere fejl i forbindelse med anlæg af veje på permafrost som nævnt i afsnit 5.2.2. Der er en tendens til at kommunerne vælger at spare anlægningsomkostninger ved vejanlæg, hvilket medfører at vejene bliver opført uden skuldre på vejfletterne og uden korrekt udført grøftesystem. Konsekvenserne af dette er vand uden vejene, hvilket medfører sætninger. Alt i alt bevirker kommunernes besparelser på anlæg af veje i permafrostområder, at vejene på længere sigt bliver uholdbare. I stedet ville en løsning med både skuldre til vejfletterne og grøftesystem resultere i veje, der var mere holdbare og med lavere vedligeholdelsesomkostninger. Dette vil på lang sigt resultere i en lavere totalomkostning, og samtidigt ville dette også øge både sikkerhed og køreglæde, da huller fra sætninger ville kunne undgås.

Det er derudover også en mulighed at anvende springsten i højere grad ved anlæg af veje, grundet deres positive egenskaber i forbindelse med vejanlæg i områder med permafrost. Disse produkter er i andre lande med permafrost vurderet til at være en god med dyr løsning, men grundet Grønlands geologi er det

forholdsvis nemt at komme i besiddelse af gode grusaflejringer. Derudover er springsten et restprodukt fra udsprængninger til byggeri, hvorfor det vil være optimalt at anvende dette. Brugen af grus og springsten vil selvfølgelig være en dyr løsning i Grønland også, hvis der skulle anlægges vej i længe strækninger som set i f.eks. Canada, da mængden af grus og springsten nok ville overgå den mængde, der findes som restprodukt. Dog skal der på nuværende tidspunkt ofte kun lægges korte stræk af vej på områder med permafrost.

Ramning af pæle giver et stærkere hold i jorden, da jorden forspændes. Ramning kræver dog, at man har større maskineri til rådighed, hvor en boret pæl bare kræver noget boreudstyr – eksempelvis noget, der kan monteres på en lille gravemaskine. Da der formegentligt ikke er udstyr til at ramme pæle ned i byerne, hvor det kunne være relevant, bliver dette dog nok aldrig en metode, der kommer i brug af økonomiske årsager.

Generelt er økonomien en vigtig faktor at have med, når der snakkes permafrost. At skulle investere et million beløb i en hammer til at ramme pæle ned i et land, hvor der måske vil blive behov for hammeren maksimalt et par gange om året, ville økonomisk set ikke give nogen mening. Derfor er det også vigtigt, at man leder efter metoder, der er fornuftige i forhold til, hvad man har at gøre med, og hvor man befinder sig.

Der er i Grønland en tendens til at anlægge byggeri i områder med fjeld i dagen eller hvor fjeldet er overfladenært, og at der kategorisk undgås at fundere i områder med permafrost. Dette har resulteret i, at man i flere byer får såkaldte satellitbyer og klynger af huse på hver deres fjeldtop. Det kan derfor tænkes, at der anvendes mange ressourcer på byplanlægning både i forbindelse med at finde nye områder til bebyggelse men også i form af at håndtere infrastrukturen som af resultat af områdepræferencerne er karakteriseret ved lange vejstræk og ledningsføringer i forholdsvis uhensigtsmæssige områder. En anden måde at gribe det an på kunne derfor være at eksperimentere med at lade byplanlæggeren udforme en plan over byen uden at tage højde for andet end højdekurver. Efterfølgende kunne byplanen gennemgås med tekniske eksperter på anlægsdelen for i fællesskab at finde frem til en løsning, der kunne lade sig gøre. Jeg tror, at en sådan form for byudvikling ville fremme boligområderne og samle byen og kommende byområder mere, end den er i dag. Hvis dette ville blive aktuelt, ville det formegentligt også fremme infrastrukturen i form af kortere anlægsstræk for vand, varme, el, kloak og veje.

Ved løsjordsfundering bør der som minimum blive foretaget boringer i hvert hjørne af det kommende byggeri, for at undersøge de sedimentære forhold. Forundersøgelser er tidskrævende og kræver både mandskab, der ved, hvad de laver, og udstyr til at lave de rette tests på prøverne. Hvis forundersøgelser skal udføres i byer eller bygder uden for Nuuk, kan det hurtigt blive omkostningsfuldt, da både mandskab og udstyr bliver sendt fra Nuuk. Derudover er forundersøgelser tidskrævende, da det kræves, at byggegrunden først er ansøgt og derefter godkendt af kommunen, før forundersøgelserne kan sættes i

værk. Af disse årsager er det oftest nemmere at vælge en byggegrund med mulighed for fundering til fast fjeld end det er at udføre disse forundersøgelser. I GTO's tid blev der udarbejdet forundersøgelser for hele områder ad gangen i hele Grønland og med flerårige planer for fremtidige byggeprojekter. Asiaq ligger inde med en masse rapporter og boreprofiler fra forundersøgelser fra disse forundersøgelser. Nogle af disse borer er markeret på Nunagis, men det er langt fra alle. Endvidere er det kun registreret, at der har været lavet en prøveboring, men ikke hvad den indeholder af oplysninger. Hvis al materialet fra GTO's forundersøgelser kunne blive lettere tilgængeligt, ville der med stor sandsynlighed også blive gjort mere brug af det, end der bliver i dag, hvilket måske ville fremme funderingen på permafrost.

I virkeligheden har metoderne til permafrostfundering ikke ændret sig synderligt gennem de seneste 50 år. Hvad, der har ændret sig, er de beregningsmodeller, der findes til at bestemme styrkerne af jorden og mere præcist, kunne dimensionere et godt permafrostfundament.

Det kan, hvis ikke man er specialist på området, være meget svært at sætte sig ind i hvad for forholdsregler man skal tage sig, hvilke formler, der skal bruges. Der findes mange bøger og mange forskellige måder at gøre tingene på. Hvis man i det grønlandske bygningsreglement fik indført og standardiseret nogle beregningsmetoder og normer for fundering, ville det som ingeniør være langt mere overkommeligt at skulle tage fat på et sådan projekt. Mange gange kan man hurtigt lave en overslagsberegning, der kan give en ide om funderingsmuligheder. Dette kræver dog at der forud for beregningerne foreligger en omfattende forundersøgelse af forholdene. Som minimum skal der udføres en boring for hvert hjørne af et byggeri og gerne flere. Hvis ikke man ved, hvad de sedimentære lag indeholder, kender man heller ikke de tal, der skal sættes ind i formlerne til beregning. Asiaq ligger inde med en masse rapporter og boreprofiler fra forundersøgelser, der blev udført i GTO-tiden. Nogle af disse borer er markeret på Nunagis, men det er langt fra alle. Endvidere er kun registreret, at der har været lavet en prøveboring, men ikke hvad den indeholder af oplysninger. Hvis alt dette kunne blive lettere tilgængeligt, ville der med stor sandsynlighed også blive gjort mere brug af det, end der bliver i dag. Et af de store problemer i dag er, at tid er så dyrt i forhold til så meget andet. Derfor bruger man i dag ikke tid på at finde frem fra gamle arkiver, hvis man kan flytte sit byggeri til et område, hvor man kan bygge på fast fjeld.

Det er i alle de besøgte byer meget almindeligt, at man hører, at permafrosten forsvinder, lunger og sætninger i landskabet kommer til syne, og hele områder sætter sig.

Jeg gik ind i dette projekt med en tro på at det grønlandske byggemønster kunne ændres, og at permafrostfundering bare var noget, man skulle have gjort folk opmærksomme på var en mulighed. Der ligger i dag attraktive områder i mange byer, som er ubenyttede grundet sedimentære lag med permafrost.

Jeg må dog erkende efter at have fået et væsentligt bedre kendskab til permafrostsituationen i Grønland, at min tro på dette har ændret sig.

Klimaet i Grønland har gennem en længere periode været igennem en forandring. I de nordligste byer Qaanaaq og Thule, hvor der umiddelbart ikke er mulighed for fundering på fast fjeld, er den årlige middeltemperatur så lav, at det ikke er af afgørende betydning, at temperaturen stiger et par grader. Ligeledes i Kangerlussuaq, hvor der er indlandsklima, vil permafrostfunderinger formegentligt ikke blive et problem foreløbigt. Andre steder, hvor permafrostfundering vil kunne blive relevant, er ved anlæg af minefaciliteter nord på, eller steder nær indlandsisen, hvor permafrosten stadigvæk er kontinuer.

Sommeren bliver varmere og vinteren kortere. Klimadata for den årlige middeltemperatur siger det samme. Siden 80'erne er den gennemsnitlige temperatur steget med op mod 2°C, hvilket kan have fatale konsekvenser for permafrosten i de byer, der ligger i den diskontinuerte permafrostzone. Om temperaturen fortsætter med at stige, kan ingen formegentligt give et endegyldigt svar på. Når man ser tilbage på klimadata over tid, kommer temperatursvingningerne i bølger. Hvis vi igen på et tidspunkt begynder at se koldere klima, kan permafrostfunderinger blive meget aktuelle igen.

I Rusland og Canada er man nødt til at bygge på permafrost, hvis man skal bo i bestemte egne. I Grønland har vi alternativer, så derfor skal man med de nuværende klimaforhold bruge dem, hvor det er muligt

## 9 Konklusion

Dette afgangsprøje omhandlede fundering i permafrost i Grønland. Formålet var at undersøge hvilket forhold, der er til permafrostfundering i Grønland, og om det forhold er den skindbare sandhed eller et dogme. Prøjet er udarbejdet ud fra et historisk aspekt for at klarlægge fortiden inde for permafrostfundering og dennes indflydelse på forholdet til permafrostfundering i dag. Endvidere vurderedes det hvorvidt fundering i permafrost er relevant i forhold til andre muligheder. Empiri til dette afgangsprøje baserer sig på kvalitative data indsamlet fra personer med kendskab til permafrostfundering i Grønland samt relevante lærebøger.

Permafrost er en betegnelse, der dækker over grund, som er under 0 °C to år i træk. Permafrost dækker omkring 24 % af landjorden på den nordlige halvkugle, og tykkelsen af permafrost afhænger af faktorer som vegetation, soltimer, middeltemperatur og vindforhold. Permafrost kan kategoriseres i tre dele: 1) diskontinuert permafrost, 2) kontinuert permafrost og 3) sporadisk permafrost.

Der har siden Danmarks modernisering af Grønland været problemer med fundering på permafrost, da byggemetoder blev overført direkte fra Danmark uden at tage hensyn til det grønlandske klima. Siden da har der været eksperimenteret med forskellige funderingsformer på permafrost – fra syldsten til pladefundering.

Infrastruktur er et område, der især er præget af forekomsten af permafrost. Byplanlægningen i byer med permafrost bærer præg af byggeri på områder med fjeld i dagen fremfor i løsjord. Dette gør det ekstra besværligt at etablere infrastruktur som veje, kloakledninger, vandledninger og fjernvarme. Klimaet er gennem de sidste år blevet varmere, hvilket medfører ændring i områder med permafrost, hvorfor der er ringere vilkår for permafrostfunderinger.

Lovgivningen inde for byggeri er karakteriseret ved ikke at være særligt detaljeret. Specielt i forhold til permafrost findes der ikke mange oplysninger.

Blandt mange ingeniører er der et fornuftigt kendskab til permafrostfunderinger, og det virker til, at man bruger hinanden på tværs af de både rådgivende og udførende virksomheder til udveksling af erfaringer og viden. Viden omkring permafrost hos befolkningen er dog yderst begrænset. Mange tror, at der er permafrost, hvis der opstår skader af nogen art, selv om disse stammer fra vinterfrost.

Ved anlæggelse af veje vil det ikke i alle tilfælde kunne undgås at skulle passere arealer med permafrost i de nordligere byer, og her må det kunne være en fordel at begynde at opføre vejasser efter nyere metoder.

Udviklingen i love, normer og anvisninger inden for permafrostområdet lever ikke op til den standard, det moderne samfund stiller. Love hjælper ikke ingeniøren til at udføre et bedre projekt, og mange ingeniører vil ikke lave permafrostprojekterne, da den manglende lovgivning gør, at eventuelle fejl og sætninger vil falde tilbage på ingeniøren, da der ikke er nogen standarder for, hvordan funderingen skal udføres.

Det kan diskuteres, hvilke metoder der kan anvendes i forbindelse med permafrostfundering i Grønland. Dog vil det kun være relevant i koldere områder med kontinuert permafrost såsom Qaanaaq, Thule og Kangerlussuaq og områder tæt på indlandsisen i tilfælde af mineindustri. Byer liggende i områder, hvor permafrosten ikke er kontinuer, er et permafrostfundament for risikabelt. Årsmiddeltemperaturene stiger og vil muligvis fortsat gøre det.

Det kunne være en fordel for bylivet at kunne komme til at udvide byerne uden at skulle tage hensyn til områder med tykkere permafrosne sedimentlag. Dog er der på nuværende tidspunkt selv ved fundering efter de korrekte metoder ikke sikkerhed for bygningens levetid, dels fordi permafrosten allerede nu er i gang med en tilbagetrækning, og dels fordi yderligere temperaturstigninger med en vis sandsynlighed kan forventes.

## 10 Litteraturliste

### 10.1 Bøger

Andersen, I. (2010). *Den skinbarlige virkelighed – vidensproduktion inden for samfundsvidenskaberne* (4. udg.). Frederiksberg C: Samfundslitteratur

Andersland, O., Ladanyi, B. (2004). *Frozen Ground Engineering* (2. udg.). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Davis, N. (2001). *Permafrost: A Guide to Frozen Ground in Transition*. Hong Kong: University of Alaska Press

Johnston, G. H. (1981). *Permafrost, Engineering Design and Construction*. John Wiley & Sons

Jones, A., Stolbovoy, V., Tarnocai, C., Broll, G., Spaargaren, O., Montanarella, L. (2009). *Soil Atlas of the Northern Circumpolar Region*. Luxemburg: European Commission, Office for Official Publications of the European Communities

Madsen, J. (2000). *Grønlandske boliger – selvbyggeri og typehuse*. Forlaget Atuagkat.

Rice, E. (2008). *Building in the North* (5. udg.). Fairbanks: University of Alaska Press.

Steenfos, H., Taagholt, J. (2012). *Grønlands teknologihistorie* (1. udg.). København: Gyldendal A/S

### 10.2 Hjemmesider

[web1] <http://www.greenland.com/da/oplevelser/kulturoplevelser/inuitkultur-i-groenland/> - sidst tilgået 27/7/2014

[web2] <http://www.greenland.com/en/about-greenland/culture-spirit/history/the-viking-period/hvalsey-church-ruin/> - sidst tilgået 27/7/2014

[web3] <http://www.greenlandphotos.net/Hvalsey/Gallery2.html> - sidst tilgået 27/7/2014

[web4] <http://www.dmi.dk/klima/klimaet-frem-til-i-dag/groenland/> - sidst tilgået 27/7/2014

[web5] [http://www.denstoredanske.dk/Geografi\\_og\\_historie/Gr%C3%B8nland/Gr%C3%B8nlands\\_samfund,\\_kultur\\_og\\_historie/Gr%C3%B8nlands\\_Styreelse](http://www.denstoredanske.dk/Geografi_og_historie/Gr%C3%B8nland/Gr%C3%B8nlands_samfund,_kultur_og_historie/Gr%C3%B8nlands_Styreelse) - sidst tilgået 27/7/2014

[web6] [http://www.denstoredanske.dk/Dansk\\_Biografisk\\_Leksikon/Handel\\_og\\_industri/Direkt%C3%B8r/Gunnar\\_P.\\_Rosendahl](http://www.denstoredanske.dk/Dansk_Biografisk_Leksikon/Handel_og_industri/Direkt%C3%B8r/Gunnar_P._Rosendahl) - sidst tilgået 27/7/2014

- [web7] <http://www.gtojvl.dk/83060918> - sidst tilgået 27/7/2014
- [web8] <http://www.museum.gl/sisimiut/bygninger/index.htm> - sidst tilgået 27/7/2014
- [web9] [http://videnskab.dk/sites/all/files/imagecache/300x/article\\_images/billede2stencirkler.jpg](http://videnskab.dk/sites/all/files/imagecache/300x/article_images/billede2stencirkler.jpg) - sidst tilgået 31/7/2014
- [web10] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/61/Melting\\_pingo\\_wedge\\_ice.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/61/Melting_pingo_wedge_ice.jpg) - sidst tilgået 31/7/2014
- [web11] <http://www.gtojvl.dk/83060914> - sidst tilgået 31/7/2014
- [web12] <https://www.dm.dk/~media/DME/Fyraftensmoeder/April2014/Permafrosten%20overrasker%20april2014.pdf> – sidst tilgået 31/7/2014

### 10.3 Interviews

- Andersen, Knud (1. juli 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)
- Baumann, Fritz (26. juni 2014). Telefonisk interview (ikke på lydfil, noter i bilag A)
- Brandt, Inooraq (19. juni 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)
- Foged, Niels (13. maj 2014). Personligt interview (optaget på lydfil). Transskription af interviewet findes i bilag G.
- Frederiksen, Søren Christian. Hansen, Jan Thomas (18. juni 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)
- Fussing, Tom (30. juni 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)
- Jensen, Anders Ejsted (1. juli 2014). Personligt interview (ikke på lydfil, noter i bilag B)
- Hansen, Gustav (26. juni 2014). Personligt interview (ikke på lydfil, noter i bilag C)
- Hansen, Jørn (23. juni 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)
- Larsen, Henrik (20. juni 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)
- Mai, Henrik (19. maj 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)
- Mortensen, Jørgen (26. juni 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)

Mønsted, Niels (25. juni 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)

Thomsen, Jørn (24. juni 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)

Vallentin, Niels (20. juni 2014). Personligt interview (optaget på lydfil)

## 10.4 Publikationer

Grønlands Tekniske Organisation (1957). *Frost og fundering – Elementære forudsætninger for projektering og udførelse af fundamenter til områder med vinterfrost og permafrost*. G.T.O. Publikation 1. København: Grønlands Tekniske Organisation, Ministeriet for Grønland.

Kulturstyrelsen (2012). *Fundamenter, Information om bygningsbevaring*, 2012

[http://www.kulturstyrelsen.dk/fileadmin/user\\_upload/kulturarv/publikationer/emneopdelt/bygninger/Bygningsbevaring/3.1%20Fundamenter.pdf](http://www.kulturstyrelsen.dk/fileadmin/user_upload/kulturarv/publikationer/emneopdelt/bygninger/Bygningsbevaring/3.1%20Fundamenter.pdf)

## 10.5 Reglementer

*Bygningsreglement 2006* (1. udg.). Direktoratet for Boliger og Infrastruktur, Grønlands Hjemmestyre.

*Foreløbige forskrifter udfærdigede i henhold til Grønlands bygningsreglement 1982*. Pilersuiffik, Grønlands Hjemmestyre

## 11 Bilagsoversigt

Bilag A: Noter fra telefon samtale med Fritz Baumann

Bilag B: Opsummering af interview med Ander Ejsted Jensen

Bilag C: Opsummering af interview med Gustav Hansen

Bilag D: Opsummering af interview med Jørn V. Larsen

Bilag E: Noter fra ekskursion rundt i Ilulissat med Anders Ejsted Jensen

Bilag F: Noter fra ekskursion rundt i Ilulissat med Tom Fussing

Bilag G: Transskription af interview med Niels Foged

## 11.1 Bilag A

Noter fra telefon samtale med Fritz Baumann

Torsdag d. 26. juni 2014.

- Kommuneingeniør gennem mange år, dels på kysten, dels i Sønderstrøm gennem mange år.
- Der er mange steder i landskabet man begynder at se lunger/ sætninger i terrænet som ikke tidligere har været der.
- Somrene er blevet betydeligt varmere og længere end de var for bare 10 år tilbage.
- Hjælp tidligere to Artek studerende med et projekt (2005)
- Rapport om området kaldt A1 omhandlende permafrostfundering på skråt terræn.
- Der er også lavet rapporter omkring nogle forsøgspalter på forpladsen, og ellers findes der en masse materiale fra basetiden.

## 11.2 Bilag B

### Opsummering af interview med Ander Ejsted Jensen

Interview med Ander Ejsted Jensen, under køretur rundt i Ilulissat hvor han fortalte om forskellige ting. Interviewet fandt sted d. 1 juli 2014 fra 15 til ca. 16:30. Meget af hvad han fortalte havde ikke meget relevans for opgaven, og er derfor ikke medtaget.

Ander Ejsted Jensen kom til Ilulissat i 1996, og arbejdede som kommuneingeniør frem til sin pension for 7 år siden (2007).

Har arbejdet meget sammen med Tømmermester Kim Fritzen, der har en stor viden på området omkring fundering i permafrost.

En lidt overset måde at ordne større sætninger i veje og på asfalterede pladser er ved at opfylde med mindre sten, og efterfølgende asfaltere oven på stenene. Dette giver dels en stor besparelse i brugen af asfalt, og dels et isolerende lag der hvor sætningen er. Denne løsning er eksempelvis brugt ud for den lille kiosk, på vej ned mod t-krydset ved prøvevejen. Det blev lagt på en 20 – 30 cm sætning over et stræk på godt 5 – 8 m. og har siden det blev lagt for 5 år siden ikke givet problemer.

Den mest brugte metode er dog bare at asfaltere hen over hullerne, så vejen bliver rettet af, hvilket dog resultere i nogle meget tykke asfalt lag mange steder i byen.

Sætningerne der kom ved t-krydset på vejen der løber ind til prøvevejen kom på ca 14 dage. Sætningerne var på ca 1 – 1,5 m. sætningerne skyldes formegentligt en kloakledning der blev lagt ned under vejaksen.

Gennem hans tid var det normen at man gennemgik projekter, og hold entreprenøren op hvis der var fejl i projekterne, på veje, sætninger og så videre. Det er dog ikke hans indtryk at dette er noget der sker længere. Tvært imod.

Asfaltværket blev i forbindelse med at han kom op renoveret, til ca. 2 millioner, de har siden den gang haft en årlig produktion af asfalt på ca 2000 tons, hvilket svare til at man kommer hele byen rundt på ca. 10 år, når der tages højde for de mest udsatte stræk der bliver asfalteret væsentligt oftere.

Hans erfaringer med funderinger på permafrost er begrænset, noget af det han har været med til at lave er i Qaanaq, hvor man graver ned til frosten, lader det ligge 14 dage, graver ned til det nye forstspejl igen, og fortsætter på denne måde til man har nået en dybde på et par meter. Her funderes så, og huldet fyldes op med grus, og der ligger isolering.

Anders Mener ikke at Klimaet har ændret sig gennem hans tid i Ilulissat.

De eneste permafrostfunderinger han er bekendt med i Ilulissat er de to huse, hallen, og tanken der ligger ved pisiffik butikken, og hvor tanken nu er revet ned grundet voldsomme sætninger. Her ud over er der også de fire ældreboliger, ved pittoqiup aqq. Disse sætninger mener han dog ikke skyldes permafrost, men en flydning i hele det siltlag de er funderet på. Boligerne har været forsøgt reddet ved at fylde stenmel under fundamenterne for at rette dem op, men dette virkede ikke, og de bliver nu kun brugt som lagerbygninger for kommunen.

## 11.3 Bilag C

Opsummering af interview med Gustav Hansen

Det skal være nemmere at flytte et byggeri. bare fordi en ingeniør har sat nogle streger på et papir skal han ikke holde så fast på placeringen som de plejer, ofte vil en flytning på bolt 5 meter kunne spare et projekt for millioner.

Der burde være et mere praktisk syn på tingene, og ingeniører burde være bedre til at besigtige forholdene inden der bygges. mange

## 11.4 Bilag D

Opsummering af interview med Jørn V. Larsen

Der skulle være en del spændende materiale omkring flytning af Thule. Officielt hedder det sig at den blev flyttet så B52 flyene ikke skulle forstyrre bygdens beboere. Andre mener dog at det var en tvangsflytning af byen, så man ikke forstyrrede basen, og dens aktiviteter.

I forbindelse med flytningen ligger der en del spændende GTO materiale omkring kloakering, nedlægning af vandforsyning, og opførelsen af en masse småhuse.

Hotellet i sønderstrøm er funderet på pæle der er dampet ned, dette skulle der også være materiale på.

Ilulissat

Jørn var med til at opføre hele boligområdet Illumiut, som alle dem der blev flyttet fra den nedlagte mineby Qullisat blev flyttet ind i. funderet på et stort siltområde, selv udhuse blev funderet til fast fjeld med dybe udgravninger, mange op til 4 m.

Vejen forbi sportshallen var om vinteren flad som en pandekage, men om sommeren lignede den et vaskebrat, grundet permafrosten der tøede.

Prøvevejen blev lavet i 71-72, Jørn var ikke selv med til at bygge den, men var med til at tage prøver temperatur prøver hver måned på flere prøvestationer i forbindelse med vejen.

Det var GTO's holdning at der ikke skulle være flere folk i hus end hvad godt var. Hvis der var for mange ansatte i GTO blev "overskuddet" ansat hos lokale virksomheder, eller sendt retur til DK.

Han nævner at Arktisk institut kunne være en mulighed at besøge, da de ligger inde med mange gamle GTO dokumenter. Arktisk institut ligger i en mindre bygning ikke langt for restaurant Noma (hvis til højre for Noma).

Styrelsen frem til 1950 Byggede fra hånden til munden, der var ingen gældende regler, men en flok af pionere, der lærte gennem erfaringer, og ofte på den hårde måde.

Ilulissat. Vejen ud til den gammel heliport, og den gamle heliport, der blev kun rettet af med sand, og fyldt lidt sprængsten på, næste sommer var der flere lunger i vejen, på ca 20 m og med sætninger på ca 0,5 m.

Aasiaat. Byggede funktionærbolig til sygeplejesker der skulle op fra Danmark, første opgave, og Jørns første møde med permafrost var da han en sommerdag sagde ja til at afrette en stor bunke med jord, der skulle

blive til haven til funktionærboligen, 20 cm under overfladen var det en stor isklump, så bunken måtte graves væk med en kompressor og en luftspade.

Uummannaq i 60'erne, der ar masser af fjeld, så de holdt sig altid fra permafrosten. Når de byggede i bygderne omkring byggede de efter guiden, frost og fundering, udgivet af GTO. Man gravede ned til permafrosten, og lod det tøj nogle dage, så man kunne komme lidt dybere, og lagde så fundamentet som beskrevet i denne guide, med pæle, og et kryds. Han mener ikke at han har hørt at nogle af disse bygninger(småhuse) skulle have haft problemer.

Der findes lidt beskrivelser af mange ting i Grønlands teknologi historie.

Henviser i øvrigt til Jens Kristian Madsen i Slagelse som er hans gamle chef.

Og kendte også Tom Fusing, som stadig bor i Ilulissat, og jeg måtte endelig hilse ham hvis jeg snakkede med ham igen.

Han har i øvrigt udarbejdet/ påbegyndt en hjemmeside, hvor han ud fra de gamle GTO papirer laver fortællinger om hvordan tingene gik til den gang. Flere af de vigtigere dokumenter er ligeledes gengivet ordret kan Jørn berette. Hjemmesiden hedder GTOjvl.dk

## 11.5 Bilag E

Noter fra ekskursion rundt i Ilulissat med Anders Ejsted Jensen

Har gennem tiden haft meget samarbejde med tømrer, Kim Fritsen.?

Har prøvet at bruge en løsning hvor i stedet for bare at asfalterer hen over større sætninger, da i stedet rette ud med sten (8 – 12 cm), og herefter asfalterer. Dette kan være med til store besparelser af asphalt, og samtidig isolere lidt i vejen, så man måske undgår yderligere sætninger.

Ved den lille kiosk på Illumiut aqq. Var der over et 15 meter vejstræk ca 30 cm sætninger, dette fyldte man op, med sprængsten, og asfalterede hen over, der har ikke været sætninger siden.

I Bunden af Illumiut aqq. Er der lige ledes en stor sætning, denne kom på bare 14 dage.

Anders Ejsted Jensen Ingeniør for kommunen, fra 1996, frem til 2007 hvor han gik på pension.

Man var i Hans Tid god til at få fulgt op på projekter, og holde entreprenøren op på det når der var noget der ikke var lavet ordenligt. Det er ikke hans indtryk at man gør det længere.

Asfaltværket blev i 96 renoveret og opgraderet for 20 millioner kr.

Man har en årlig produktion på ca 2000 tons asfalt, hvilket passer med at man kommer hele byen rundt ca hvert 10 år. De mest brugte stræk, selvfølgelig væsentligt oftere.

Der går meget store mængder asfalt til at fylde huller og sætninger op.

Ønskede at den gamle kirkegård var blevet udvidet i stedet for at man havde opført den nye ved lufthavnsvejen.

## 11.6 Bilag F

Noter fra ekskursion rundt i Ilulissat med Tom Fussing

Mandag d. 30. juni 2014

Afsnit om Vejanlæg i bogen "Grønlands teknologi historie" ca. 10 sider, med en masse forklaring til.

T - kryds sunket med en meter. Der hvor illumiut aqq. Løber ind til Mathias Storchip aqq. Der havde været lavet en fejl da illumiut aqq. blev lagt, og den var næsten en meter for høj da de nåede ned til Mathias Storchip aqq, i dag ligger den mindst en halv meter under, efter der er blevet lavet ny gennemføring af kloak for et par år tilbage.

Dalen med hundearreal, fodboldbane og Pisiffik butik – sti over hundearrealet har sat sig op til 2 meter gennem den tid Tom har levet i Ilulissat, broerne ca en meter.

Fodboldbanen sætter sig også, man kan ligeledes se på muren nede ved p-pladsen til Pisiffik, der engang var vandret, at den også har sat sig en del.

Generelt virker det til at hele området sætter sig.

Stark – kold lade står på opfyld på permafrost

Stark – varm lade på fjeld

Hellefiskefabrik projekteret foran Sannassissoq. Projektet blev opgivet, da man ikke fandt ned til fjeld, og havde store problemer med til strømmende vand i graven.

GTO Var generelt meget grundige med forundersøgelser, når der skulle bygges.

Bro, opført i stenfyldte gabions. Har fået store sætninger grundet permafrosten har sat sig. Betongennemløbet i broen er knækket grundet disse sætninger.

Tank, Hal og huse funderet på en plade af jernbeton

Lufthavsvejen er projekteret af Tom selv, vejkassen er opført med sand til afretning, ca 10 cm, 20 cm grus, fibertex og afsluttet med et skærvelag inden asfaltering.

Dyndvulkaner langs sidste del af lufthavsvejen, ud mod sletten.

Større stensætning foran lufthavne (ved landingsbanen) ligner der har været lavet et form for forsøg, ca 5 x 20 meter.

Generelt er det er det Toms opfattelse at kommunen er dårlige til at følge op på om vejprojekter er lavet som de skal være, hvis der kommer sætninger holder man ikke entreprenøren op på at få skaderne udbedret, som ellers oftest står i projektets kontrakt. Dette var man ellers gode til engang.

Norsk dykket autoværn, hvor endestoppet er dykket i stedet for bare at være afsluttet oppe i luften. Et dykket autoværn kan langt bedre hold når der bliver ryddet sne om vinteren, og flere ingeniører burde bruge denne metode når der laves vejprojekter.

Parkeringsplads foran sportshallen, opfyldning langs fundamentet mangler. Parkeringspladsen er meget bulet, med sætninger på over en halv meter grundet optøning af permafrosne lag.

Tilbygning af dørparti, har sat sig, da man ikke kunne det få det funderet ind til fjeld, dørene kan derfor ikke åbnes da det er blevet skævt, det har flere gange været forsøgt oprettet, men sætter sig igen. Man har nu droppet at bruge dørene.

## 11.7 Bilag G

Transskription af interview med Niels Foged

J: Jonas Elgaard

N: Niels Foged

N: I GTOs barndom, som vi var i gang med, der overtager GTO enhver form for undersøgelse knyttet til de byudviklingsplaner, der måtte være og så videre, og man bliver jo meget hurtigt klar over, at når du bevæger dig nord for Nuuk, så kommer man ind i områder, hvor begrebet permafrost det er interessant. Og den daværende direktør, der hed Gunnar P. Rosendahl, han startede som rådgivende ingeniør men blev på et tidspunkt kaldt til at være direktør for GTO. GTO var på det tidspunkt et ministerielt institut eller styrelse, som varetog forundersøgelser i Grønland og enhver form for godkendelser og planlægninger vedrørende byggeri. I Sisimiut, den ligger lige i suppedasen, hvor der begynder at komme sporadisk permafrost, og hvor der opstår fejl. Der opstod en række fejl, fordi man overførte byggeteknologien fra Danmark uden i og for sig at have en fuld forståelse for permafrost. Og det vil sige, at to karakteristiske – nogle af de fejl, som man så der i det første, at man stiller et fundament op på en blokmur eller på et stenfundament, som så i en eller anden dybde hviler af på såkaldte faste aflejringer. Og det er jo karakteristisk, at når man så kommer på fast aflejring, så oplever man det som noget, der er meget hårdt at arbejde i, og så stiller man sin blokmur eller sine sten ovenpå hinanden der, men man glemmer altså at det der var så ekstremt fast, det var det fordi det var isbundet. Og derefter så ser man jo det, som man også kan se i Halvvejshuset – jeg ved ikke om du kender det?

J: Jo, jeg kender det godt.

N: Her har man forsøgt så at reparere på det. Og det sker typisk ved at man understøber det, men i praksis bruger den gamle faste bund, som hvor det ... Problemet er så oppe igennem ... fra (?) hvor man begynder og udvikle og skabe de store byer i Grønland. Der har man lidt nogen behov for at bygge en masse, og man overfører teknologier fra Danmark, som er uhensigtsmæssige. GTO fandt så på et tidspunkt ud af at da de havde revet et par bygninger ned i Sisimiut (?), blev der tale om, at de måtte rive det gamle alderdomshjem ned og de måtte rive noget der hed de syv små huse ned, som ligger oppe omkring det plateau ved hospitalet. Og jeg mener man kan se rendefundamenter af nogle enkelte af de huse der stod der. Og de rendefundamenter er så i princippet de huse der klarede sig bedst fordi den række af huse som blev støbt på et betonfundament, de revnede simpelthen på grund af differenssætninger. Og differenssætninger skyldes naturligvis at man ikke havde styr på hvad der er fast bund, og når det er permafrossent, får man så et falsk indtryk. Så de syv små hjem, der mener jeg, de rev dem alle ned. Måske en enkelt eller resterne af noget af

det kan stå endnu. Alderdomshjemmet, det lå lige neden for den kulturbygning, der står sådan oppe på en høj oppe ved idrætshallen. Der er der sådan en kulturbygning. Det ligner sådan et missionshus eller sandsynligvis et eller andet meget tidligt forsamlingshus, der står oppe på ... Lige neden for den der knaus, der stod der et hus ned parallelt med vejen ned mod havnen. Og det er funderet på fjeld oppe i den østlige ende – nordøstlige ende. Og så nedover skråningen der har den så været direkte funderet på løsjord og dernede har man rigtig meget permafrost. Man har ikke styr på at man ikke må ændre på temperaturforholdene under sådan en bygning og så begynder man at få sætninger og jordflydning (?) ned af bakken. Og det tidspunkt hvor de river ... det var en to-etagers bygning, da de river den ned, der gik rygterne på følgende måde, at man i princippet kunne se ind til de gamle, der sad inde i deres små stuer igennem revnen i væggen, fordi det simpelthen var blevet trukket. Og hvis du kommer til Sisimiut, så findes der billeder nede på museet af de her ting, så du vil kunne i princippet illustrere din beretning med at det var altså en af de virkelige alvorlige fejl. Så havde man en KGH bygning. KGH bygningen den lå nede omkring Halvvejshuset inde på skråningerne bag Halvvejshuset oppe imod Sømandshjemmet. Der lå ligesom en parallelt med havnevejen men 50 – 100 meter inde for vejen, og det fungerede egentlig fint i starten. Det fungerede fint indtil man fandt ud af at var nødt til at have et bageri, og det lavede man så nede i kælderen. Og der var absolut ingen kontrol på at det her var ganske alvorligt. Det vil sige at det, at man har en bygning, hvor dele af kælderen er opvarmet, og dele af kælderen måske er uopvarmet, gav anledning til at man fik ekstreme differenssætninger. Man sagde, det lignede simpelthen en hval den bygning. Så meget var den knækket i enderne og den blev revet ned. Derefter så får Geoteknisk Institut pålagt at lave temperaturmålestationer rundt omkring i byen og prøve på at få et overblik over hvad der sker, samtidigt med at Geoteknisk Institut for GTO bliver sat i gang med at registrere fejl og jordbundsforhold i Sisimiut byområde. Og sigtet med det her er at undgå fejlfunderinger i forbindelse med specielt den industrialisering man står lige overfor, fordi man skal til at bygge alle højhusene, som jo er bygget som prefab. Og det var simpelthen en meget klar instruks fra Gunnar P. Rosendahl, at nu ville han ikke se flere fejlfunderinger. Og et af de udkom, der var, det var, at Gunnar P. Rosendahl og GTO havde samlet de erfaringer der foretog på det tidspunkt fra Alaska og lidt fra Rusland i en (?) nr. 1. og den (?) nr. 1 mener jeg at vi har udleveret til jer. Siger det dig noget?

J: Det umiddelbart ikke noget.

N: Det er 30 sider om hvordan man skal fundere og hvad permafrost er med nogle beskrivelser af nogle ...

J: Jeg må hjem og kigge igennem i gemmerne for at finde dem.

N: Jeg har dem muligvis liggende på min stik, men det kan vi ... jeg vil godt lige have opdateret den. Men det er det vigtigste dokument i den fase. Så er det selvfølgelig en række dokumenter, der forholder sig til 'hvad sker der når permafrost tør?' og 'hvorledes kan man stabilisere permafrost ved forskellige foranstaltninger?'. På det tidspunkt er vi sørgeligt bagefter. Den erfaringsbase som er bygget op af amerikanerne i forbindelse med baseanlægningen. Baseanlæggene er i den sammenhæng en øjenåbner. Og der ser man alle de standardløsninger, som vi har undervist jer i. Vi ser brug af fundamenter, der er gravet ned i permafrost. Vi ser brugen af pæle – borede pæle. Vi ser brugen af isolation. Vi ser brugen af anvendelse af afkølede kælderetager og afkølede krybekældre for at sikre at man ikke ændre ved temperaturen. Erfaringsopbygningen sker på Sønderstrøm og på Narsarsuaq og på senere på Thule. For Thule bliver så skal vi sige ... oppe igennem halvtredserne bliver Thule det helt store forsøgsfelt, hvor amerikanerne får afprøvet alle deres muligheder. Og vi har været så heldige at vi har kunnet følge op på nogle af de ting, og vi har haft tegninger til rådighed og Inooraq Brandt har i princippet været involveret i vurderingen af disse funderingsprincipper, som bragt i anvendelse på baserne specielt på Thulebasen. Og der foreligger der to store bearbejdede eksamensprojekter. Hans masterprojekt og et bachelorprojekt omkring Thule. Og i begge tilfælde er det rigtigt illustreret med forskellige funderingsprincipper og hvornår det går galt. Og hvorfor det går galt. Og når det går galt er det ofte fordi man simpelthen mister den erfaring som har ligget i basernes tegningsarkiver. Man mister erfaringen om at man skal sørge for at de luftspjæld som sørger for at få kold luft ind under bygningerne om vinteren de bliver lukket om sommeren, så man ikke får varm luft ind under bygningen. Man glemmer at bygninger er oprindeligt designet til at arbejdstemperaturen i hallen, den ikke er 25 som man kan gå rundt i skjorteærmer men det er omkring +5 til +10, og ved at øge rumtemperaturen, der starter man simpelthen en mekanisme for at begynde at tø op nedenunder disse her bygninger. Og ikke nok med at man sørger for at det tør op ved at sætte temperaturen i vejret, men de afkølingssystemer man nedenunder, de følger jo sætningen med ned. Og på et eller andet tidspunkt ... afkølingssystemet er typisk en betonrende, som er forsynet med et periskop (?) i hver ende: et til at suge luft ud og et til at føre luft ind. Og når denne her betonrende så i princippet så synker så dybt i at smeltevandet som man ikke kan undgå, det fylder den her, så skaber man simpelthen en form for kloaklås med vand, der lukker for enhver luftgennemstrømning. Og så er ballet slut, for så man ikke længere tilføre kulde om vinteren og så har man ... Man kan sige sådan: I byggefasen der har man egentlig anvendt nogle principper, man har haft nogle forudsætninger, som var holdbare i driftsfasen. Når man har skiftet maskinmester på sådan en bygning 4 – 5 gange så begynder erfaringsgrundlaget at smuldre og så går det galt. Og når det først går galt, så går det rigtig galt på alle de her såkaldte passive systemer. Hvis vi nu ser de passive systemer, så kan man sige, i Sisimiut er passive systemer dybt problematiske fordi vi er en fase nu hvor vi i hvert fald siden begyndelsen af halvfemserne har haft meget høje temperature,

det vil sige vi har optøning af tidligere frosne aflejringer. Og det vil sige, at aflejringerne, der oprindeligt måske lå rimeligt, de bliver nu bragt i en situation, hvor det tør omkring fundamenter og så videre. Så konsekvensen af det, det har ligesom været at der er ingen der har turdet tage risiko. Og konsekvensen bliver på mellem og lang sigt at der kommer det dogme at man funderer på fjeld og at løsjorden er umulig at håndtere. Det var i og for sig status da vi startede undervisningen i Sisimiut, at man kunne ikke kontrollere det der på en rimelig måde og derfor byplanerne baseret på at byudvikling skulle ske på steder vi havde i fjeld i dagen eller fik forholdsvis kort til fjeld. Og det betyder så at du får et areal, som i meget høj grad er præget af at infrastruktur er fuldkommen håbløs. Du får lange vejstrækninger, du får problemer med ledningsføringer. Og så er det nu ledningsføringerne der i princippet lider under at de skal passere arealer der tør og sætter sig. Og så kommer der selvfølgelig det, at min indgang var i og for sig den, at jeg havde som studerende og jeg havde specielt som licentiatstuderende og Ph.d.-studerende, der havde jeg arbejdet rigtig meget med de grønlandske aflejringer. Og min holdning var egentlig den, at hvis man nu fik samlet baggrundserfaringen og fik skitseret nogle holdbare løsninger og fik skitseret nogle vedligeholdelses- og driftsmanualer, så ville det være muligt at få en billigere funderingsform og udnyttet nogle af de arealer, der i dag forventes at være frossent. Jeg gik rimelig langt for at påvirke mine omgivelser med det og var i en periode en del frustreret over at man blev altså ved at bygge på de her fjeldknolde. Jeg må sige bagefter og med den historiske erfaring vi så har haft bagefter, at det blev så meget varmere som det blev, så er jeg egentlig lykkelig for at der ikke blev eksperimenteret meget mere, fordi vi kunne have lavet en række fejlfunderinger. Vi har for eksempel arealer i byen omkring 2000, der var der konstateret permafrost i arealet. Omkring 2005 der var der ikke permafrost længere. Det gælder for eksempel det gamle entreprenørareal. Og det vil sige, hvis der er frosne aflejringer og hvis der i de frosne aflejringer er nogle isbånd, så får man i hvert fald med 100 % sikkerhed de sætninger på et eller andet tidspunkt hvis man funderer over det. Vi er i lidt den samme situation når vi kommer ind til Sønderstrøm. I Sønderstrøm der har vi permafrost. Vi har kontinuer permafrost og vi ved at under normale omstændigheder så er jorden frossen 2 – 3 meter under terræn og så ned til store dybder. Store dybder vil sige mere end 30 – 100 meter. Vi ved også at vi har nogle ekstremt tykke sedimentlag der. Og vi har to typer af sedimenter derinde som er karakteristiske. Nemlig nogle marine aflejringer af ler, som kan være mere eller mindre udvasket. Og sand og grus. Basen og dele af lufthavnen ligger på sand og grus. Og dele af banen bevæger ned imod de arealer hvor vi har ler i bunden. Nu ved jeg ikke hvor afgrænset dit projekt er, men i baseområdet er der en række bygninger, som er funderet direkte. Og eftersom det er ekstremt store fladedækkende arealer så har man valgt løsninger med passiv køling ved hjælp af de her luftsystemer. Og du ser dem overalt. Du ser også overalt på baseområdet at der tilsyneladende er tvivl om hvordan fanden de der spjæld skal sidde, for der er også mange af bygningerne der tilsyneladende henstår som ruiner, fordi man ikke bruger dem til noget.

Men der er nogle store bygninger, de har et stort lager og vedligeholdelsescenter. Og der er ingen tvivl om at de oprindeligt er lavet efter alle kunstens regler og det er sandsynligvis har været OK så længe de har haft folk der vidste omkring manualer for drift og vedligehold og anlæg. Så man kan sige sådan, at der er altså to faser i permafrostfundering, der er helt afgørende. Den ene det er at man designer det rigtigt og i den sammenhæng er det så vigtigt at forholdt sig til hvad er det for nogle jordtyper du har. Hvis du har at gøre med sand og grus, og prøver med jord der ikke er opfrysningssfarligt, så får man ikke disse akkumuleringer af is i aflejringen som giver problemer når du bevæger dig ind i silt og ler områderne. Og jeg forsøgte at finde noget materiale med som illustrerer ... Jeg skrev sammen med Trine Kristensen og Ann Fugl Meyer sådan et arbejdsdokument omkring hvordan man kunne fundere i det her rendeområde. Og vi har beskrevet nogle af de fejl vi kan se eksempelvis det der, det er den bygning, der i dag er nødhotel og som har været fængsel også på et tidspunkt. Den ligger parallelt med vejen ned mod den sydvestlige del af baseområdet og den her del her, hvis du husker fra forelæsningserne, så har vi ofte gjort en del ud af at vise at det hjørne her har sat sig omkring 20 cm. Og det har sat sig fordi man satte et køleranlæg man havde bygget ind under bygningen, da man begyndte at se, at man ikke havde styr på det. Da man satte det ud af kraft, fordi det var åndssvagt at fyre for gråspurvne. Så det er noget af en oplevelse at bo i et af de her værelser her. Jeg har været så heldig at ligge der, det er altså ... Du ligger på en seng, der i hvert fald har selv har differenssætninger på 5 – 10 cm.

J: Ja, det lyder voldsomt.

N: Så, man kan sige, at vi har prøvet på i denne her at beskrive på en måde således at folk forstår det. 'Hvad er egentlig problemstillingen og hvilke bundforhold er der, og hvorfor er de bundforhold problematiske?'. Og vi har illustreret hvordan det ser ud når vi træffer ler med is i. Og jeg vil foreslå, at vi laver simpelthen en bunke som du ... Jeg har den der elektronisk, men jeg skal finde den, hvis du mener at det er noget ... Det her er gamle billeder, som jeg simpelthen har samlet sammen. Og det er efter det forhenværende søms (?) princip, man kan altid komme en sten mere nedenunder. Og så løfte den op en gang til. Og når man så supplere det med at man ikke har fuldkomment styr på afvandingen af det område, så får man altså det, du kan se her. Det der er sådan karakteristisk fejlfundering hvor man ikke ved hvad man er ude på. Og den fejl begås ikke i dag med mindre der er tale om, at man laver tilbygninger til noget man har funderet på fjeld og så er tilbygningen kommet lidt langt væk fra fjeldet, så kan man se revnedannelserne der. Det store problem i princippet for mange af de her, det er at man ikke sørger for en ordentlig afdræning. Og det vil sige, at den her bygning – det var meningen at det her skulle fungere som et dræn og tage alt smeltevand, så sker der ofte det at man leder smeltevand ind under bygningen, hvor det så hjælper til at tøj tingene op. Selve funderingsprincippet for Midtvejshuset er nu på syldsten. Man har også brugt et system, hvor man ...

det her er et historisk forsøg på at reetablere det. Man lægger en bjælke hernede og derefter laver man en blokmur, så det ligner som det altid har set ud. Men problemet giver jo bare at medmindre man i praksis får pælefunderet (?) som bærer den her bjælke så dybt at den ikke tør op, så vil det gå galt før eller siden. Den gamle kirke i Sisimiut er lavet på sådan et bjælkesystem. Det vil gå galt på et eller andet tidspunkt. Men indtil videre står den endnu. Nu ved jeg ikke - teknisk set så er der jo mange af de her ting som ikke er sådan tilgængelige så det er smart for dig at have det i en rapportform. Hvis vi igen går lidt videre med Sisimiut, så kan man jo sige, at Sisimiut er i princippet den by hvor man har arbejdet med. Og det her er en forholdsvis rød beskrivelse af hvordan har udviklingen været. Og også lidt om byen har udviklet sig fra og hvor den har ligget. De huse her fra den oprindelige urbefolkning her har jo slet ikke haft det problem. Fordi de var lavet af naturens materialer og de har lavet på sådan en måde, at man skulle kunne holde sig varm om vinteren men heller ikke mere.

J: Lige for en god ordens skyld, bare lige for at få det med på interviewet, hvad er det bogen, den hedder?

N: Sisimiut Holsteinsborg - Analyse af bosætningsstrukturen i Sisimiut på Arkitektskolen i Århus og den er fra '72-'73. En, der hedder Jørgen Hvidemose/Vimose. Vi gør det, at jeg skriver mit navn i de her, og så låner du dem med og så kan du altid på et tidspunkt komme dem i en ... Bosætningen hvor den har været ... Jeg ved ikke om du kommer ind på det der overhovedet, fordi så er vi jo nu i historik. Boligforme og kolonihuse – jeg vil sige det sådan at jeg opfatter det her som museum. Jeg opfatter det her som skal vi sige kultur og der bliver ofret ufattelig mange penge på at vedligeholde den kultur. Og det er korrekt. Man må bare gøre sig fuldstændigt klart at funderingsformerne her ofte er (?) på fast bund. Hvorvidt det er noget du skal interessere dig for i detaljen, det er svært at sige, men man kan så sige, at den fortæller i hvert fald tidsmæssigt hvornår kommer de forskellige byggeformer ind og en arkitekts vurdering af de her ting. Værdiladede ord som de her kan du også se og det kommer vel igen. Her kan man se befolkningslokaliseringen i 1950 og nu begynder vi at nærme os GTO-tiden og der var i Sisimiut 1000 indbyggere, hvoraf de ca. 30 var danske og af totalt i Sisimiut og Sisimiutdistrikt var der 1600 mennesker. Det er jo mere end 3 – 4 dobbelt i hvert fald. Så kommer industrialiseringen ind i billedet også og produktionen, der får du så her en redegørelse for nogle af de her tilflytterkvarterer. Jeg synes selv at den her er god, den var rundt (?) og sætter tingene i perspektiv tidsmæssigt. Og det bliver du nødt til at forholde dig til. Hvis vi tager fra '72, nu begynder vi næsten at være der fremme, jeg lavede min Ph.d. fra '72 til '75. Og der arbejdede jeg med prøver fra byområderne og fik interessen i ... Og er der så redegjort for de boligformer der er og hvad det betyder for udviklingen. Historisk set er den her glimrende.

J: Den ser spændende ud i hvert fald.

N: Hvis man dertil så siger ... Der er selvfølgelig nogle guidelines. Og jeg har gjort det, at jeg har taget nogle ... det her er fra '78 'Canadian Foundation Engineering Manual' ... 'Shallow Foundation' ... Som siger lidt om ... Jeg har egentlig ikke brugt den noget særligt hvad angår frost. Hvis du er interesseret kan du se hvorledes byggeforholdene har været. Vi kan lige se om der overhovedet er noget om permafrost. Men der burde jo være det. 'Swelling and Frost Action' kapitel 8 part 3. Det der er vigtigt synes jeg, det er ... 8 og hvad var det vi sagde? Det var et af de afsluttende ... kapitel 3 var det ... Der er en mulighed, men det du vil opleve det er at hvis du får fat i for eksempel dem fra ... bygningsreglementer fra Alaska eller fra Canada, at de i virkeligheden rækker de ting som vi forholder os til, antager de for at være fuldstændig simple. Og de er også i den situation, at de har nogle permafrostformer som er så alvorlige at man er nødt til at acceptere sætningen en masse. Og man er nødt til at acceptere at nogle bygninger de bliver fejlunderet. Den her er en bog som i princippet i meget høj grad er præget af russere. Russerne er i den situation at de har så store arealer i permafrostområder, at hvis ikke de i princippet udvikler nogle håndfaste metoder, så får de ingenting ud af det. Men det er også i Rusland vi ser de største fejlunderinger overhovedet og det gør vi fordi, at de er ramt af klimaændringerne i stærkt forstærket ... fordi hvis temperaturen stiger 2 – 4 grader i Grønland, så stiger den måske 7 – 9 grader i den arktiske del af Rusland og Sibirien. Så de har virkelig ... En bog som jeg selv har haft meget glæde af, det er den her.

J: Jeg tager lige stolen ned herover så den ikke klikker sådan.

N: Den forholder sig egentlig i meget høj grad til hvordan man kan klassificere ting og hvilke funderingsformer der er inde i billedet og de terrænmæssige forhold man er nødt til at have styr på. Så den vil give dig et indtryk af hvordan man arbejder med ... på en moderne måde har arbejdet med permafrost. Og den her købte jeg for ... den er fra 2000.

J: Ja, så det er en forholdsvis ny ...

N: Ja, det synes jeg. Lad os se om den ikke er ... i 2000 der, om den ... Den er i hvert tilfælde ... Den forholder sig til en af de store gamle her som er død i '99. Du kan se 'Permafrost in Transition', 'Coping with Seasonal Frost and Permafrost'. Så kommer der ... 'Building on Permafrost', 'Mining and Permafrost' og så videre. 'Rail Roads with (?)'. Den er rigtig god. Nu ved jeg ikke hvor meget du kan have med. Den her vil nok sige ... Vi kan også tage udgangspunkt i at der ikke er så meget. Hvor lang tid har du til rådighed?

J: 3 måneder endnu. Så der er god tid til at få læst nogle ting igennem.

N: Good. Jeg mener, at ... Vi har den her som en rigtig god overordnet lærebog, den kan læses som ...

J: Som roman?

N: Ja. Den her derimod, den bærer præg af at den er meget bred. Så indtil videre ved du at jeg har den stående. Hvis vi ...

J: Jeg tror måske de røg med ind her.

N: Vi skal forholde os til ...

J: Spørgsmålet, er det egentlig lagt op til bare at være et udgangspunkt for mig?

N: Så du kan sikre dig at du har ... Good. Hvis vi nu i princippet siger at det her var overordnet problemstilling. Jeg vil sige 'hvor har jeg været?'. Jamen, jeg har været fra ... Jeg har aldrig været på østkysten, men jeg har været i stort set alle byerne på vestkysten. Nede fra syd og så op til Thule. Og historien har vi ligesom dækket. Det jeg synes man skal pege på det er at hvis vi tager historien som helt overordnet at GTO specielt igennem dette at de meget tidligt i processen lavede GTO ...

J: Publikation nr. 1?

N: Ja.

J: Jeg har den faktisk med her.

N: Hvad?

J: Jeg har den faktisk med.

N: Jamen så er der jo ikke nogle problemer.

J: Nej nej.

N: Du kender den?

J: Jeg kender den, ja.

N: Fordi det er den der definerer hvad man er nødt til at forholde sig til. Og den lægger også op ... for eksempel træskeletbygninger, som du også vil opleve i den her fra Sønderstrøm. Der har man jo gravet en masse af de der ned, man gravede træskeletbygninger ned med masser af isolering og så videre for at bygge. Vi har været stærkt betænkelige for at dele af arealet, hvor der er truffet ler, at de der kommer ind i områder hvor der er jordflydning. Og det har vi beskrevet i den der lille artikel der. Du skal også være opmærksom på at vi har en lang række eksamensprojekter som du kan finde i eksamensprojekt...

J: Databasen?

N: Ja. Og de her to arbejdede meget systematisk med det. Det er et midtvejsprojekt på de her tos vedkommende. Og Trine mener jeg har også lavet ... næh, hun lavede ikke det ... Vi har Inooraq og vi har en række midtvejsprojekter omkring fundering og du skal i hvert fald have fat i Inooraqs 2 eksamensprojekter, fordi de er meget illustrative. Hvem er jeg?

J: Ja.

N: Jeg har arbejdet i Grønland siden '68 hvor jeg blev ansat på Geoteknisk Institut og fik ansvaret for at karakterisere de prøver der blev boret op i Grønland. Og med det som baggrund, jeg blev ansat i '68, så søgte jeg og fik stipendium til at lave Ph.d. arbejde i '70'erne, fordi jeg ville simpelthen forstå de her aflejringer og forstå permafrost. Og så har jeg i princippet arbejdet med Grønland og været involveret i alle de større anlægsopgaver i Grønland hvor Geoteknisk Institut havde ansvaret for at lave jordbundsundersøgelser, lave geofysik, være medvirkende til at ... for eksempel projekter af det der med permafrost og så videre. Hvis vi går til historikken her, så kan man sige bygge- og anlægsrelaterede historier.

J: Det er det vi har her.

N: Ja. Og der vil jeg så sige at det er først hvor vi begynder at lave en samfundsstruktur der ligner vores herhjemme, at vi begynder at lave plejehjem og hospitaler efter en traditionel ... at vi begynder at se fejl. Og disse fejl prøver man så fra GTOs side at få stoppet og man prøver på at få skabt en database, så man forstår begrebet sporadisk, diskontinuert og kontinuert permafrost i den form I er blevet indlært det.

J: Ja, det er faktisk ...

N: Hvis vi tager mine erfaringer så kan man sige at jeg har været med i lufthavnsanlæggene, jeg har været med til at fundere bygninger i Thule, jeg har været med til at vurdere en masse af det der foregår og så har jeg siden '96, der har jeg været involveret i undervisningen og det har jeg så været siden jeg blev ... jeg var først adjungeret professor i 5 år fra starten af '90erne og så blev jeg forskningsprofessor i slutningen af '90erne og så blev forskningsleder her i Byg bagefter indtil jeg blev pensioneret her for 2-3 år siden. Hvis vi ser på begrebet funderingsmetoder brugt, så er det helt karakteristisk dette. Man starter med at grave sig ned og lægge syldsten på fast bund og op og konstatere så at man ikke har styr på den faste bund. Dernæst så finder man ud af at det kunne jo være, at det er fordi man overføre spændingerne igennem noget der er varmeledende – de her stenblokke og så videre har større varmeledningsevne end sand og grus. Og så finder man ud af, at hvis man nu laver en rammekonstruktion man graver ned i aflejringerne, så er du så fremme ved nogle af de funderingsløsninger, der også er nævnt. Kan du ikke lige tage GTO'en ...

J: Jo, selvfølgelig. Jeg tror den ligger herovre i mappen.

N: Men igen, den anser jeg selv for at være forbløffende velskrevet og forbløffende. Jeps, det er den. Du har den ovenikøbet indbundet, det har jeg ikke engang.

J: Ja, det er en original oppe fra DTUs bibliotek.

N: Ja. Det, du kan se her, det er ...

J: Der er en masse tegninger.

N: Det her er sjovt nok nogle ting jeg aldrig selv har oplevet. Altså, det her med at man har grundvand, der trænger ind i bygninger. Det har jeg aldrig selv været med og set. Det næste vi har, det er, der skal være nogle standardløsninger her. Yes. Og derefter bevæger man sig langsomt over i situationer hvor man prøver på at sikre at man ikke får varme ned. Oplever at det her er utilstrækkeligt til trods for at man forsøger på at ... men det der ligner jo en dansk funderingsform. Det der er ukarakteristisk, det ligner en sommerhusfundering. Men det har så det der med at tilsikre at man kommer dybt ned med et materiale, der ikke leder varme fra konstruktionen. Så skal der være en tegning også ... Derefter finder man jo så ud af at vi må vist hellere lave pæle og så bringe pælene ned i så stor en dybde, at man får styr på det. Det her er så en løsning hvor man ser på problemer med opfrysningsfare, fordi noget af det der går galt her, det er at man løfter simpelthen pæleværket, fordi de ...

J: Ja, på grund af aktivlaget.

N: Aktivlaget arbejder. Og så får du ventilationsløsningerne og i ventilationsløsningerne det ender så op med i ventilationsløsninger hvor du i praksis har et gulv liggende stort set på terræn, der får man en krybekælder eller du får nogle gennemgående betonkanaler under gulvene. Og det er de løsninger som Inooraq Brandt har arbejdet med sammen med sine medstuderende. Så oplev udviklingen som syldsten og syldsten er typisk også den funderingsform som vores kolonimyndighed den tog med op når den byggede huse til de folk der varetog handlen og lokalstyret deroppe. Og de bygninger har normalt været håbløse at vedligeholde på men de får en kultuhistorisk værdi i dag, der gør at man ... eksempelvis, Knud Rasmussens fødehjem som ligger i Ilulissat, der er gjort en frygtelig masse for at holde styr på varmenedtrængning og understøbe på den rigtige måde og målestationer og jeg ved ikke hvad. Men man ser altså stadigvæk i de her bygninger et behov for at justere døre for overhovedet at ... Det er ikke blevet mindre af at vi har fået klimaændringer. "Mener du at man funderer efter de rette metoder?" Jeg vil sige sådan at i dag er det nok anerkendt viden meget af det her. Jeg mener i princippet at også at I har fået forholdsvis bred uddannelse så I har en fornemmelse af hvor man skal passe på. Og der kan man sige, den har man ikke hvis man har gået på Haslev Teknikum, fordi der har det ikke været undervist. Der er et element du skal være

opmærksom på, det er vi har en tendens til at kalde det permafrost, men det der tit og ofte slår benene væk under folk, det er vinterfrosen. Og det vil sige det aktive lag i princippet kører igennem en opfrysning en gang om året – det kan i virkeligheden forstyrre meget mere end om man forstyrrer den underliggende permafrost. Vinterfrost som det er kaldt er rigtig vigtigt at have med og det aktive lags opførsel er rigtig vigtigt at have med, og jeg kunne godt forestille mig at det er en del af de fejl vi ser i dag, at de findes fordi man ikke kunne komme styr på hvad man egentlig foretager sig i det aktive lag. Og der kan man så sige at det er jo også et dogme at der er permafrost overalt på Grønland. Men tit og ofte i det sydlige Grønland, der er problemet mere dybde ... træffer man permafrost hvis man overhovedet træffer det? Og hvis man ser på vinterfrosen – hvor langt trænger den ned? Og jeg mener at jeg udleverede til jer til et brev hvor en af mine gamle venner i Grønland har skrevet hvor han har observeret permafrost i de forskellige byer. Man kan simpelthen se sådan en liste over det. Har du den?

J: Det mener jeg, jeg har. I hvert fald en liste over dybder over aktivlaget.

N: Ja. Og så kan man så sige, når man kommer nord for Maniitsoq, så er vi på vej ind i område med diskontinuert permafrost og der varierer det jo som vinden blæser. I Sisimiut kan du nogle steder have permafrost, der varierer 10 meter indenfor 10 meter. Og vores typeområde på dette er Termografaldalen (?) hvor de lavtliggende dele af området, der er ikke permafrost, der er måske vinterfrost. Der er ikke permafrost. Og de højtliggende områder, de indeholder op til 4-5 meter is i de øvre 15-20 meter af sediment. Og det er hvor man er.

J: Det er virkeligheden.

N: "Har du en fornemmelse af at det ville ændre noget hvis der var mere materiale til rådighed omkring permafrost?"

J: Og det er egentlig ... undskyld.

N: Det mener jeg i og for sig at det er en standardiseringsproblematik. Og jeg ved at du har snakket med ... ham, der sidder i Hjemmestyret eller i Selvstyret og har bygget administrationen.

J: Janus.

N: Janus Køster. Han har i princippet lavet en GB, som så henviser til et grønlandsk annek for fundering. Jeg ved ikke om du har fået fat i de der grønlandske annekser?

J: Ikke alle sammen endnu.

N: Nå, men det grønlandske anneks for geoteknik og fundering, det forholder sig ikke til permafrost. Det nævner at det er der, men det forholder sig ikke til det. Så hvis du spørger om der er noget materiale der kunne ændre på det her, så ville det nok være at der var en byggelovgivning som meget klart forholdte sig til, hvad skal man undersøge? Hvordan skal man påvise om man har vinterfrost eller permafrost og i hvad dybder man har det? Samt hvordan skal man så fundere bygningen? Hvis det var programfastlagt i nogle designløsninger. Du vil dog i princippet, eller man ville kunne sige at de rådgivere som er inde i billedet, der er normalt huskendte eller lokalkendte og har normalt styr på de der ting. Og den byggemyndighed der har i princippet i meget langt hen af vejen også styr på de der ting. Der, hvor kæden hopper af, det er nok at tilsynet behøver ikke at være kvalificeret. Det kan være administrativt tilsyn, som i princippet forholder sig til nogle administrative bestemmelser. Tilsvarende, byplanlægningen tager heller ikke altid højde for om nogle arealer ligger i nogle områder der kunne klassificeres som frostfarlige eller frostfølsomme. Den der sunde tradition for at sige "hvis vi har fjeld i dagen, så er der ikke nogen problemer". Den er jo sund. Til gengæld så er den ikke sund økonomisk fordi det betyder at ledningsføringer fra fællesanlæg og veje og så videre bliver meget ... altså, byggemodning bliver alt for dyr. Jeg ved ikke om du skal forholde dig til sådanne ting.

J: Altså, jeg tager det med glæde med i hvert fald.

N: Lad os så se. Lovgivning.

J: Ja, det er faktisk noget af det du har været inde på.

N: Ja, det har vi lige ... Du skal have fat i det der hedder Grønlands Byggereglement. GBR tror jeg den hedder. Og du skal have fat i det der hedder Det Grønlandske Anneks For Geoteknik, som referer til vores norm, den europæiske norm, i geoteknik og fundering. Men der vil du altså opleve at det er meget, meget begrænset hvad der står om hvorledes man ... Og jeg har sammen med Thomas holdt et foredrag om det. Det synes jeg vi lige ... jeg vil lige hente min computer, så kan vi lige gå foredraget igennem.

J: Jamen, jeg har faktisk fået slidet af Thomas.

N: Nå, men så er det ikke noget!

J: Så det behøves faktisk ikke.

N: Nej. Good. "Andre relevante personer at snakke med". En af dem jeg sætter meget højt, det er Henrik Maj.

J: Ham har jeg faktisk en aftale med på mandag.

N: Det er fint. Du må endelig hilse ham.

J: Jamen, det skal jeg i hvert fald gøre. Der er faktisk lige under lovgivning, der har jeg en ting til. Det var en ting mig og Thomas kom til at snakke om. I forhold til brug af tidligere boringer, hvordan bruger man dem i forbindelse med permafrostfunderinger? Fordi hvis jeg går tilbage og kigger på en boring der er lavet for 30 år siden ...

N: Så det du i princippet ... Størstedelen af de boringer der er lavet oppe igennem den periode der fra 60'erne og frem, der er teknologien i at lave hullet ikke ændret stort. Du vil også i boringerne kunne se, hvor der er sat termofølere ned. Det du som bruger skal være opmærksom på det er, hvis du ringer til GTO ... eller ikke GTO, Asiaq! ... for at bestille nogle boringer efter en elektronisk plan, skal du bede om at få de medfølgende rapporter kopieret. Fordi i dem finder du de vurderinger der er baseret på de bundforhold der var på det tidspunkt og de frostforhold der var på det tidspunkt. Og du kan også få de temperaturer der er målt på det tidspunkt, som ikke behøver at stå på boreprofilen. Men der er altså en tendens til at de har solgt boreprofiler i kopiform men de har egentlig glemt at der er nogle gode rapporter bagved, som hører med. Jeg mener man kan give 15 kr. per kopi eller et eller andet andet, det er småpenge i forhold til hvad det ville koste ...

J: ... at skulle lave det selv.

N: Ja. Det du så skal være opmærksom på, det er, at de boringer er lavet i en periode, hvor det har været på vej på mod K guld (?) og når vi kommer op i begyndelsen af 70'erne var der egentlig en periode der var ret så kold. Og derefter i et par spring bliver det pludselig meget varmt i begyndelsen af 90'erne og rigtig varmt var vi jo haft det de sidste 10 år. Så vi plejer at sige i Sisimiut at gennemsnitstemperaturen i Sisimiut - der har du sandsynligvis også fået en kopi fra Thomas - er steget med et par grader. Og et par grader, det er lige nøjagtigt nok til at så bevæger vi os op i et område hvor permafrost er under optøning.

J: Ja, et eventuelt spørgsmål det var egentlig ligeså meget udover et interview, hvis du har nogle referencer til relevante personer, som du mener, jeg bør snakke med i forbindelse med det her.

N: Jeg mener i princippet at Niras er nok det foretagende - og Rambøll - er de foretagende som har den største lokale erfaring og hvis du skal tilbage til Sisimiut, så vil jeg da gå ned og snakke dem nede hos Rambøll. De er klædt på til det i dag og jeg vil da sige at du spurgte til om økonomien i de her ting er for mig at se i høj grad dette at man er tilbøjelig til at prøve på at klare sig igennem for simple grundundersøgelser fordi det er så ufattelig dyrt mener de at lave en boring. Og der er ikke rigtig den teknologi til rådighed som man gerne vil have. Vi har godt nok en god boremaskine. Jeg ved ikke, har du selv været med ude og se den?

J: Jeg har ikke været ude og se den, men jeg har set billeder af den.

N: Den kunne jo sagtens løses opgaven. Men det kræver at man i praksis tager en af de personer, som vi har uddannet til bore med maskinen og de har fuld bemyndigelse til ligesom at være den der varetog det der igennem en længere årrække. Og det har man stort set ikke gjort. Det vil sige jeg tror jeg har været med til at uddanne 2 eller 3 boreformænd deroppe, så det er et niveau hvor de kunne arbejde med maskinen, men de kunne ikke selvstændigt varetage dette og beskrive prøverne og lave en rapport over hvad man har set. Og det har så gjort at de gange hvor det er lykkedes at lave sådan noget, der har det været folk fra Geoteknisk Institut eller folk fra Artek som har stået ved siden af og så løst opgaverne. Og der kan man så sige, at det har jo hele tiden været vores ønske at de studerende som kom igennem den arktiske ingeniøruddannelse, de havde i hvert fald så meget viden at de kunne varetage at være den ingeniør der kunne kontrollere borearbejdet og forholde sig til de prøver der kommer frem. Fordi sagen er jo den at GTO eller Asiaq har ikke haft selvstændige laboratorier der i praksis har kunnet gå ind med fuld kraft og lave de ting, som er nødvendig, og derfor er en masse af det arbejde blevet til Geoteknisk Institut i København og det er jo noget der forsinker processen. I gamle dage betød det ikke så meget fordi der havde man en planlægning der gjorde at man simpelthen rullede forundersøgelser ud over et areal og byggede op således at man havde rapporterne liggende. Det vil du også opleve når du rekvirerer rapporter, at du for et byggeområde kan finde op til 10 forskellige rapporter som kommer successivt efter hinanden i takt med at man får lavet forundersøgelserne, man får lavet projektundersøgelser og i nogle tilfælde end og (?) kontrolundersøgelser. Hvis der er noget jeg ligesom kunne ønske mig, så er det, at man etablerer et foretagende i Grønland der kunne varetage at udføre de nødvendige borer i de forskellige byområder, at de kunne varetage de geotekniske klassifikationsforsøg, der skal laves i de samme byområder og som kunne rekvirere videregående undersøgelser, der hvor man kan få dem fra. Fordi det ville gøre tingene ... også at det blev et klart dogme at man byggede ikke noget uden at rekvirere de nærliggende undersøgelser. Hvis du laver et plot over Sisimiut by, der vil du så se, at der et par tusind røde pletter eller noget i den stil, som er alle de borer, der allerede er lavet. Der er stort set ikke det sted i byen, hvor vi ikke har været tidligere. Og det er nemt at læse de pågældende fordi der har ikke været faglig ændring af systemet. Du siger du, 'Er der ud fra dine erfaringer alternative metoder der i dag kunne tages i brug?'. Der er ingen tvivl om at hvis man var kineser eller man var fra Alaska, så ville man sige aktiv foranstaltninger. Og aktiv foranstaltninger det vil være anvendelse af kølerør, anvendelse af kølepumper, som i princippet holder permafrost nedkølet. Men igen, risiciene i forbindelse ved at anvende det på et lokalområde som Sisimiut, der vil jeg sige, det er kun noget man griber til hvis man virkelig er kommet i klemme med noget man skal have styr på. Fordi vi har i dag programmer så vi kan regne ud hvornår vi optør aflejringer, hvornår vi ikke gør det. Og hvis vi får disse aktive foranstaltninger i billedet, så skal man i praksis kunne lave modellering.

Jeg har haft Anders Stuhr Jørgensen, ham der underviste i vejbygning (?) har jeg haft til at arbejde med et program, hvor vi kunne vurdere temperaturfelters ændringer i tid og rum i frossen og optøet jord. Og han har ... jeg synes jeg tog det med ... Han har lavet en rapport omkring brugen af modellering. Men jeg ved ikke, vi er altså på vej ud i noget, hvor man kan sige det er ikke traditionelt. Og Inooraq Brandt opererede også med dette at se på hvordan ville der ske en optøning under (?) i Thule og kunne påvise hvor store risici man gik ind i når man i praksis lavede nogle systemer, hvor man ikke havde styr på randbetingelserne. Det ville jeg sige, det ville være nogle tilgange til det og der kan man så sige, at alternative metoder ville jeg kun bringe i anvendelse hvis jeg virkelig havde styr på randbetingelserne. Til gengæld vil du opleve at kineserne har jo i princippet lavet højhastighedstog i højfjeldet i Tibet og der er der anvendt passive og aktive foranstaltninger af en hver art. Ved passive der forestillede jeg mig et system som uden indgriben men ved hjælp (?) af termisk konvektion og andre ting sørger for at noget der skal være koldt, det forbliver koldt, og noget der godt må være varmt, det modtager og akkumulere de varme ting. Du vil opleve hvis du ser på Anders Stuhr Jørgensens Ph.d. at han forholder sig til nogle passive systemer hvor han får lavet konvektionsceller ude i vejkassens sider, som sørger for at han holder det koldt. Jeg ved ikke, har ...

J: Jo, vi har faktisk fået noget af det. Han var oppe og undervise os i et af vejkurserne.

N: Ja. Men det er jo ikke ting man sætter i værk ... Altså, de der passive systemer som vi var set på baserne er helt klart et must på en base fordi du har så store arealer, som ligger så tæt på jordoverfladen at du ikke har haft lyst til at lave en krybekælder. Men igen, hvis noget går galt der, så går det grueligt galt. Og så får du differenssætninger og når du så får differenssætninger så har du ikke styr på noget som helst. De der ... Vi kaldte den kloakledningseffekten. Jeg synes, at du skulle ... Jeg har en her som jeg ... Det er en af dem, som jeg absolut vil have igen.

J: Ja, selvfølgelig.

N: Men den er en rapport, der lavet i 58. Så det er et af de ting, der forholder sig til bageri og ... Det er den der hval, jeg nævnte. Og det er en beskrivelse af hvad det var der gik galt, og derefter har en af vores gamle professorer forholdt sig til ... undersøgelser ... det er 57-58 side 5. Der Anker Engell, ikke Anker Engell, Frank Engelund, som var professor i hydraulik. Fantastisk dygtig til at beregne. Der står et eller andet sted her ... Jeg har også redegjort her for nogle af de der samtaler der har været ... hvordan tingene blev lavet og ... Nu skal du se her ...

J: Men det er en af de tillægsrapporter der har været med til bageriet, eller ja til ...

N: Nej, det er simpelthen en af dem hvor har haft (?) forstå hvad det drejer sig om. Jeg synes bare den her var lavet af ... eller refereret til ... Jeg tvivler på at det er ham, der står, at det er ham der har lavet den, men det kan være fordi jeg ikke husker det godt nok længere. Den der mener jeg ... De der billeder var ... og den der mener jeg, jeg har skrevet i. Okay.

J: Det er meget, meget fornemt.

N: Også synes jeg, at jeg ville finde det frem, som Inooraq har arbejdet med og eventuelt også det som Anders Stuhr har lavet. Hvis der nu er noget, så må du endelig vende tilbage.

J: Jamen, selvfølgelig, det er jeg meget glad for du siger. Ja, der er ikke flere.

N: Men jeg synes tidslinjen, den er nogenlunde klarlagt gennem det vi har snakket om i dag.

J: Ja, i hvert fald opbygget af de materialer her, så ... eller opbakket hedder det vel ... så er jeg kommet langt.

N: Men ikke desto mindre, så sker der jo altså løbende alvorlige fejltagelser. Og for eksempel, et af de rigtig alvorlige fejltagelser der blev begået på et tidspunkt hernede der er at man på et tidspunkt lægger en opvarmet vandledning igennem her. Man kan sige sådan, at der i det her delområde der er der stadig permafrost, men hvor længe det er der det ved jeg ikke.

J: Jeg skal lige være med, hvor er det vi er henne nu?

N: Spejdersøen her.

J: Yes. Okay.

N: Og her kommer du ... her ligger Olgas hus.

J: Ja, præcis, så er det her kulturhuset ligger nu.

N: Nej nej, det ligger herhenne.

J: Okay.

N: Det der, der har vi jo normalt, når vi har været ude og gå, der har vi gået igennem det her, fordi det er Termocastdalen med søerne der hvor der ikke er permafrost og de høje banker der hvor der er permafrost. Altså, det vil jeg sige, det opfatter jeg som den værste ... en af de værste ... men jeg gør det også ud fra at vi havde egentlig håbet på at vi kunne bruge det her som et upåvirket naturområde hvor vi kunne se hvad der skete i Sisimiut. Og vi har gennem årene lavet en række (?) (1:17:20) ind over for at se, hvordan tør det her

op og der er ingen tvivl om at de her sømråder de vokser, og det er også en af de figurer som Thomas givetvis har vist dig. Altså, jeg plejer at vise en figur hvor vi spotter hvad der er sket i de sidste 40 år i det her areal med sådan nogle hvide ...

J: Ja, jeg tror faktisk at vi har set det i undervisningen.

N: En anden ting som jeg havde her, det var ... det her er i og for sig fra undervisningen og det her er første gang hvor man kan sige at byggemyndigheden i Sisimiut fik klarhed for at man nede ved, for enden af Bygge- og Anlægsskolen har frosne aflejringer og hvordan det egentlig ser ud.

J: Ja, med islenser i.

N: Det er taget forholdsvis tidligt i ... omkring år 2000 eller noget, hvor vi lavede den første gravning der. Og der var det jo så mere tanken at få opbygget den undervisning således at vi kunne få en ... simpelthen få fortalt folk, hvad er permafrost og hvordan ser det ud og hvorfor sætter det sig. Og vi lavede den første temperaturmålestation, den er sat ned i det her. Det her er et kortgrundlag som viser den oprindelige byområde her. Og lad os nu se her ... På det tidspunkt der havde man enkelthuse liggende oppe på knoldene heroppe. Men vi har jo slet ikke i de her skoleanlæg og så videre på plads ... Er der ikke sat nogen boringer ned her? Jo. Det her, det er nede fra arealet ved den gamle entreprenørplads hvor kirken den ligger. Jeg tror kirken ligger heroppe på en af de her knolde her. Her lå det gamle alderdomshjem. De 7 små hjem de lå heroppe i de her areal og ... skal vi lige have fundet ... jeg tror det her Halvvejshuset det er et af de der ... også heromkring på det her areal, der ligger den gamle KGH-bygning, som ... Jeg tror egentlig ikke at jeg har så forfærdelig meget mere. Da vi byggede Lavenergihuset, der var holdningen i og for sig den at vi ville godt have haft en bygning som var direkte funderet på fjeld i den ene ende og så måske ud på noget dybtliggende permafrostfundering i den anden ende. Det blev aldrig til noget, fordi den arealtildeling vi fik kom vi ikke ud over. Så den er direkte fundering med randfundamenter, langstrakte fundamenter inde over en fjeldknold. Jeg mener jeg har haft folk med deroppe og vise ...

J: Ja, vi har været oppe og se den i hvert fald.

N: En ting vi ikke har rørt ved, det er isdannelse i en fundamentsrande imellem beton og fjeld. Det har givet anledning til at man har set løftningsproblemer, hvor det simpelthen løfter et fundament. Det bliver klaret ved at man sætter tentor 25 (?) og borer den ned og støber den op i fundamentsklodsen for at undgå de her ... Hvis det bliver lavet ordentligt så er det ikke noget problem, men det er jo en form for vinterfrostproblematikken.

J: Det har jeg faktisk aldrig tænkt over.

N: Men du vil altså se, at der er nogle standardløsninger for ... hvis du laver et typisk kassefundament, som du givetvis har set masser af deroppe, så vil de for hver meter sætte en tentor 25 ned i ... og således de får støbt klodsen fast på fjeldet.

J: Jeg tror faktisk da de byggede den nye del af kollegiet derude ved Sipineq-kollegiet, der så vi da de støbte fundament. Der havde de også for hver meter, jeg troede bare det var for at fæstne. Men det er det så selvfølgelig også.

N: Det er for at sikre at betonklodsen den følger fjeldet og at du ikke får lokale hævnninger.

J: Okay. Yes, men det var meget fornemt.

N: Hvordan finder vi ... Har du et telefonnummer eller noget?

J: Det har jeg i hvert fald.

N: Mail kan du også lige skrive, for at jeg har den. Hvor mange ... Har du 5 måneder?

J: Ja, men jeg har så lige knap 3 tilbage nu her.

N: Og hvor meget skal du være i Grønland af de 5 måneder?

J: Jeg har faktisk ikke fundet ud af det endnu. Jeg har jo faktisk haft en rejse deroppe, hvor jeg jo så desværre besvimelede og slog hovedet. Det var jo lidt en skam. Men jeg er i gang med at finde ud af hvad mulighederne er for at komme op igen. Jeg har fået at vide at i hvert fald til en destination der er det ikke noget problem, fordi jeg har en hjemrejse i og med jeg er grønlandsk studerende. Men jeg er i gang med at undersøge om jeg kan få lov til både at besøge Nuuk, Sisimiut og Ilulissat. Og så kunne man tage Sønderstrøm med på vejen også.

N: Vi har, hvis ikke du får lov til Ilulissat, så har vi et princip, der har Inooraq lavet to personlige rapporter omkring bundforhold og sondering (?) i ... Men det var nok i høj grad rettet i mod brug af geofysik til afklaringer. Det har været min holdning at bruge geofysik til at lokalisere hvor vi havde permafrost, men at bruge geofysikken direkte til at designe på grundlag er svært, fordi det er drønsvært at ... derfor har hele vores tilgang været den at kommunens boremaskine skulle ud og bore meget, meget mere end hvad det er blevet til. Det er egentlig en stor fejl. Der er investeret 1,5 million kr. i hvad der står i de to containere plus en masse af min tid og andres tid i at få tingene op og køre og det er ikke lykket. Det er trist. Fordi det ville gøre tingene langt mere sikre. Okay. Jeg tog den her med fordi den forholder sig til en artikel som Jeanette og Birkholm og Inooraq Brand og jeg har lavet på basis af deres ... Jeg ved ikke om du har set den?

J: Det har jeg ikke nej. Den tager vi et kig på.

N: Og den her den har nogle ... artiklen har nogle markeringer af hvorledes man har funderet eller har lavet en funderingsform for at sikre at de her gulve ... på det tidspunkt havde man sætninger på 2 meter.

J: Det er hangaren, ikke?

N: Jo, så det er en god en at henvise til. Og så har vi ... den her er i meget høj grad en form for gennemgang af hvordan man har bygget og hvad man bygget på. Jeg ved ikke om det ikke falder udenfor ...

J: Jo, til at starte med tror jeg lige vi springer den over. Så nu ved jeg at du har den.

N: OK.

J: Yes, jeg stopper her.