
Nuuk vandkraft, Buksefjorden udbygning 2

Dispositionsforslag

Pas nr. 002.17.004

25.06.2020

Nærværende dispositionsforslag er en opdatering af dispositionsforslag dateret maj 1994, med fokus på udbygning2. Det opdaterede dispositionsforslag er udarbejdet af:

- INUPLAN A/S (Projekteringsledelse, bygninger og øvrige infrastrukturanlæg)
- NIRAS Greenland A/S (hydrologi og driftssimulering)
- AFRY / P.A. Pedersen A/S (geologi, tunneller, el, mekanik, transmissionslinje og styring)

Ved udarbejdelse af dispositionsforslaget har følgende deltaget:

- Ujarak Rosing Pedersen (INUPLAN, projekteringsleder)
- Thorkil Grøndal Olsen (INUPLAN, assisterende projekteringsleder, bygninger)
- Henrik Mai (NIRAS, projektleder, hydrologi, energibehov og driftssimuleringer)
- Signe Schløer (NIRAS, driftsimuleringsmodel)
- Fredrik Persson (AFRY; Delprojektleder design og vandkraftteknik)
- Peder Cajar (AFRY; Assisterende delprojektleder)
- Per Ibsen (AFRY; El, styring, fjernkontrol og transmission)
- Jorge Alejandro Arpe (AFRY; mekanik)
- Tomas Ekström (AFRY; Design og Civil)
- Ulf Lindfors (AFRY; Fjeldmekanik og Geoteknik)

© Inuplan, Postboks 1024, 3900 Nuuk. www.inuplan.gl. 2020

Anlæggets udformning er baseret på de oplysninger og forundersøgelsesrapporter, der forelå d. 01.04.2020

Bilagsfortegnelse

Nr.	Benævnelse
-----	------------

Oversigtstegninger:

001	Situationsplan
002	Oversigtsplan

Overføringstunnel ISTA-KANG:

010	Overføringstunnel ISTA-KANG, indtag, lukkeskakt, tunnel, udløb
011	Overføringstunnel ISTA-KANG, indtag, udløb, reguleringslukke
012	Overføringstunnel ISTA-KANG, alternativ tværsnit 2

Kraftstation 2:

020	Kraftstation 2, nye aggregater 2x27,5 MW oversigt
021	Kraftstation 2, nye aggregater 2x27,5 MW, ny adgangstunnel, plan, snit

Transmissionslinje:

050	Oversigtsprofil 132 kV Buksefjord-Nuuk
051	Eksisterende forhold energi, effekt, transmission og befolkning
052	Rev. Transmissionstab ved fuld overføringsevne

El- og maskintegninger

060	Hovedstrømsskema, eksisterende anlæg
061	Rev. 1, hovedstrømsskema, udbygning 2
062	132 kV linje, skematisk oversigt, udbygning 2
063	Styring og fjernkontrol, logisk struktur, udbygning 2
064	Styring og fjernkontrol, kommunikationsforbindelser, udbygning 2

Tidsplan

A	Tidsplan
---	----------

1 Indledning og Resume

Buksefjord vandkraftværk blev taget i brug i 1993 med to enheder på hver 15 MW i Kraftstation 1. I 2008 blev en tredje enhed på 15 MW idriftsat.

Vandkraftværket udnytter vandmængderne fra Kangerluassunnguup Tasersua og forsyner Nuuk med energi til lys/kraft og opvarmning.

Inatsisartut har pålagt Naalakkersuisut at arbejde for udvidelse af elforsyningen fra Buksefjorden (EM 2019/153).

Nærværende dispositionsforslag er en opdatering af dispositionsforslaget fra 1993^A, og beskriver muligheden for udbygning af den nuværende anlæg (udbygning1) med en ny Kraftstation 2 ved den eksisterende Kraftstation 1 (udbygning 2).

Med udbygning 2 øges den installerede maksimaleffekt på $3 \times 15 = 45 \text{ MW}$ med $2 \times 27,5 \text{ MW} = 55 \text{ MW}$ til en maksimal effekt på i alt 100 MW , som er den maksimale effekt, der kan overføres med den eksisterende transmissionslinje. Med udbygningen øges anlæggets konstaterede energiproduktion ved byporten fra 255 GWh/a til en forventet maksimal kapacitet på 660 GWh/a leveret ved byporten.

Kraftstation 2 etableres ved det eksisterende kraftværk, og skal forbindes til det eksisterende tunnelsystem. Der etableres en ny adgangstunnel til det nye Kraftstation 2 parallelt med den eksisterende adgangstunnel. Den nye adgangstunnel bruges under udbygning af Kraftstation 2, for at begrænse forstyrrelser i driften af Kraftstation 1 i anlægsfasen. Den nye adgangstunnel kan bagefter bruges som en ekstra flugtvej.

Med det nuværende vandkraftanlæg (udbygning 1) bruges der mere vand end der tilføres ved nedbør til oplandsarealerne. Det er derfor nødvendigt, at der tilføres mere vand ved etablering af en ny 16 km lang overføringstunnel mellem søen Isortuarsuup Tasia (ISTA) og Kangerluassunnguup Tasersua (KANG). Ved etablering af overføringstunnelen øges tilgængelige vandmængder i gennemsnit fra 352 mio. m^3 til 1248 mio. m^3 .

Overføringstunnelen sprænges fra to fronter; fra udløbssiden ved KANG og fra indtagssiden ved ISTA.

Ved ISTA sprænges en adgangstunnel ind i et lukkekammer inde i fjeldet med en lukkeskakt ned til overførelsestunnelen, hvor et indtagsslukke skal placeres. Med dette lukke kan tunnelen tømmes om nødvendigt.

Ved KANG anlægges et lukkekammer i overførelsestunnelen ca. 300 m fra enden af tunnelen. Der etableres to reguleringsventiler. Ventilerne bruges til at regulere vandstrømmen i overføringstunnelen.

Til lukkekammeret anlægges en ca. 300 m lang adgangstunnel parallelt med overførelsestunnelen op til lukkekammeret. Ved lukkekammeret udføres overnatningsfaciliteter til nødsituationer. Inden tunnelarbejderne kan startes, skal der anlægges en arbejdsvej fra den eksisterende vej ved KANG til anlægsområdet ved udløbet til KANG, og fra KANG udføres en kørselsvej til anlægsområdet ved indtaget ved ISTA.

Under udbygning 2 forberedes og dimensioneres overføringstunnelen, så der senere kan udføres en kraftstation i mellem ISTA og KANG (udbygning3).

Hoveddata ved udbygning 2 fremgår i Tabel 1-1

Opland, isfrit		km ²	+684
Opland, gletsjer		km ²	+480
Middel årsafstrømning inkl. overføring fra ISTA 1994-2019		mio. m ³	1335
Middel årsafstrømning, prognose for 2025-2050		mio. m ³	1248
Reservoirkapacitet, KANG		mio. m ³	2095
Reservoirkapacitet, ISTA		mio. m ³	2350
Dimensionerende faldhøjde 100 MW		m	240
Tilløbstunnel station 2	Længde	m	125
	Tværsnit	m ²	28
Afløbstunnel station 2	Længde	m	120
	Tværsnit	m ²	28
Adgangstunnel station 2	Længde	m	530
	Tværsnit	m ²	32
Svingetunnel station 2	Længde	m	205
	Tværsnit	m ²	35
Transporttunnel station 2	Længde	m	150
	Tværsnit	m ²	22
Overføringstunnel ISTA-KANG	Længde	m	16.000
	Tværsnit	m ²	45
Adgangstunnel lukke ISTA	Længde	m	220
	Tværsnit	m ²	32
Tværsnitstunnel ISTA	Længde	m	800
	Tværsnit	m ²	32
Afløbstunnel KANG	Længde	m	320
	Tværsnit	m ²	50
Adgangstunnel Reg. lukker KANG	Længde	m	320
	Tværsnit	m ²	32
Turbiner	Francis	MW	3x15 + 2x27,5
Transmissionslinje	Nominelt spændingsniveau	kV	132
Længde til Nuuk	132 kV Luftledning	km	56,7
Maksimal kapacitet ved byporten		GWh/a	660

Tabel 1-1 Anlæggets hoveddata.

2 Beskrivelse

Vandkraftværket i Buksefjorden blev sat i drift 7. oktober 1993.

Det idriftsatte vandkraftværk - kaldet Udbygning1 - blev opført for at kunne forsyne Nuuk med elektricitet til lys, kraft og elvarme.

Der var ved idriftsættelsen i 1993 installeret to ens turbineaggregater á 15 MW.

Udbygning1 var forberedt til at der kunne installeres en tredje turbine. Et tredje aggregat på 15MW, magen til de to oprindelige aggregater, blev installeret i 2008.

De to oprindelige aggregater har numrene 2 og 3, mens det nyere aggregat har fået aggregatnummer 1.

Vandkraftpotentialet i Buksefjorden med overføring fra ISTA er imidlertid så stort, at det er muligt at øge produktionen betragteligt ved udbygning af det eksisterende anlæg

Der er i dispositionsforslag fra 1994 forslået to udbygningsforslag:

- Udbygning 2: Med en ny kraftstation på 55 MW ved den eksisterende kraftstation 1, og en ny overføringstunnel mellem ISTA og KANG.

- Udbygning 3: Med en ny kraftstation mellem ISTA og KANG på 90 MW, og en ny transmissionslinje til Nuuk.

Nærværende dispositionsforslag omhandler alene udbygning 2, som dog forberedes så udbygning 3 senere kan gennemføres.

I nærværende dispositionsforslag anvendes følgende forkortelser:

BUKS: Kraftstationsområdet ved Buksefjorden.

KANG: Reservoirsøen Kangerluarsunnguup Tasersua.

ISTA: Reservoirsøen Isortuarsuup tasia.

Sø 710: Den isdæmmede sø NØ for ISTA

Sø xxx: Øvrige unavngivne søer betegnes ved den kote der er angivet på GGU's kortmateriale i 1:20.000, uanset at denne kote senere er bestemt til en anden værdi, eller kan variere.

HRV: Højeste regulerede vandstand.

(for ISTA defineret som tærskelkoten og for KANG som kronekoten på dæmningen)

LRV: Laveste regulerede vandstand.

he: Effektiv trykhøjde

De enkelte kraftstationer, der indgår i dette projekt betegnes:

Kraftstation 1: Den eksisterende kraftstation ved Buksefjorden.

Kraftstation 2: Ny kraftstation, der bygges ved siden af Kraftstation 1 (udbygning 2)

2.1 Eksisterende anlæg, udbygning1

2.1.1 Generelt

Det eksisterende vandkraftanlæg er beliggende i bunden af Utoqqarmiut Kangerluarsunnquat, Buksefjorden, på ca. 63° 55' N og ca. 50° 53' W

For det eksisterende vandkraftanlæg foreligger der "As Built" dokumentation.

2.1.2 Hydrologiske oplande

Før udbygning1 bestod det naturlige opland til KANG kun af hydrologisk opland I.

I forbindelse med etablering af det nuværende anlæg med udbygning1, blev opland II, IV, V og A inddraget ved opdæmning, opgravning af kanal, samt tunnelarbejder.

Overføring af vand fra inddragede oplande IV og A kører ureguleret. Der er mulighed for at afbryde tilstrømningen fra opland II og IV.

Oplande til KANG er næsten rene nedbørsbassiner.

2.1.3 Reservoir

Kangerluarsunnguup tasersua (KANG) udgør reservoiret, og vandstanden heri kan reguleres mellem HRV i kote +261 og LRV i kote +233. Det naturlige udløb i søens østende er opdæmmet med en ca. 15 m høj dæmning med en krone i kote +261.

Reservoirets effektive volumen er ca. 2.050 mio. m³, hvilket i udbygning1 er langt mere end der kræves for at udjævne tilstrømningen på gennemsnitlig 352 mio. m³ pr. år.

2.1.4 Vandveje og kraftstation

Fra indtaget i KANG føres vandet frem til kraftstationen ved Buksefjorden gennem en 10.600 m lang tilløbstunnel med et tværsnit på 28 m². Efter at vandet har passeret turbinerne ledes det ud i Buksefjorden.

I Kraftstationen 1, der er udsprængt i fjeldet, er der installeret 3 aggregater, der hver kan yde 15 MW.

Den producerende energi føres gennem en 56,7 km lang luftledning med en nominel spænding på 132 kV til Nuuk.

Den eksisterende transmissionslinje er udlagt for at kunne overføre den fulde effekt produceret i både udbygning 1 og i udbygning 2, i alt 100 MW.

Med det nuværende forbrug er Cos ϕ er ved afgang fra Buksefjordsværket ca. 0,997, hvilket er meget tæt på 1,0, og gør det overflødigt at etablere fasekompenseringsanlæg i forbindelse med transmissionslinjen.

Det høje Cos ϕ peger tillige på et ganske stort forbrug af el til varme i forhold til el afsat til lys/kraft, ligesom det peger på en effektiv kompensering af forbrug med højt induktivt indhold hos forbrugere, der har et sådant forbrug.

2.2 Udbygning 2

2.2.1 Generelt

Med udbygning 2 udføres en ny Kraftstation 2 ved siden af den eksisterende Kraftstation 1, samtidig udføres en ny overføringstunnel mellem ISTA og KANG for at inddrage ISTA med tilhørende opland, og dermed øge rådigheden af vandmængder.

Overføring af vand mellem ISTA og KANG reguleres med reguleringsventil i en ventilkaverne.

Der er permafrost i fjeldpartiet mellem ISTA og KANG. Kaverne til lukke ved ISTA og reguleringsventiler ved KANG placeres dybere end nul-isotermen.

I udbygning 2 øges den nuværende årlige energiproduktion på ca. 255 GWh (5.600 fuldlasttimer) til ca. 660 GWh leveret ved byporten. Den fremtidige energiproduktion forudsætter dog, at der kan opnås 6.600 fuldlasttimer.

2.2.2 Hydrologiske oplande

Med en overføringstunnel fra ISTA inddrages det hydrologiske opland IX direkte, mens oplandene VII (Sø 710) og VIII indgår indirekte, idet de har afløb til ISTA.

I nedenstående tabel viser en oversigt over oplandsforholdene.

	Reservoir KANG	Reservoir ISTA
Oprindelige forhold	Opland I	Opland IX, IV, V, VII og VIII
Udbygning1	Opland I, II*, IV, V* og A	Opland IX, VII og VIII
Udbygning2	Opland I, II*, IV, V*, og A	Opland IX, VII og VIII

Tabel 2-1 Oversigt over hydrologisk oplande
) reguleret med mulighed for lukning

ISTA modtager størstedelen af sit vand som afstrømning fra indlandsisen, og dette giver indhold af opslæmmede sedimenter, som giver uklart vand. Dette er forskelligt fra KANG, hvis oplande primært er nedbørsbassiner med klart vand.

2.2.3 Reservoir

Reservoiret i KANG forbliver uændret.

I ISTA etableres et reservoir med et effektivt volumen på ca. 2.350 mio. m³. Vandstanden i ISTA vil kunne varieres mellem HRV (tærskelkote) i kote ca. +459 og ned til LRV i kote +415.

2.2.4 Vandveje

Overføringen mellem ISTA og KANG etableres ved at drive en tunnel mellem de to søer. Der indbygges en reguleringsmulighed så vandspejlet i KANG altid kan holdes så tæt på højeste regulerede vandstand, HRV, uden at der samtidig er risiko for at miste vand ved overløb.

Den eksisterende tilløbstunnel fra KANG til Kraftstation 1 ved Buksefjorden, samt den eksisterende afløbstunnel ud til Buksefjorden, ændres ikke. Dette bevirker at faldtabet i vandvejen øges fra ca. 3,3 m ved fuldlast i udbygning 1 til ca. 17,9 m ved fuldlast i udbygning 2. Den

eksisterende tilløbstunnel fra KANG til Kraftstation 1 og Kraftstation 2 er designet for denne vandstrøm, og højere vandstrøm anses derfor ikke for muligt uden at øge tunnelens tværsnit.

2.2.5 Kraftstation

Parallelt med den eksisterende Kraftstation 1 etableres en ny kraftstation som tilsluttes den eksisterende tilløbstunnel og den eksisterende afløbstunnel. Den nye kraftstation, Kraftstation 2, udstyres med 2 ens aggregater der tilsammen kan yde 55 MW ved en effektiv faldhøjde på 240 m.

De 5 turbiner i Kraftstation 1 og 2 kan tilsammen maksimalt yde 100 MW.

De nye aggregater i Kraftstation 2 forbindes styringsmæssigt til det eksisterende system i Kraftstation 1, ligesom energien der produceres føres ind på det eksisterende højspændingssystem

2.2.6 Transmissionslinjer

Energien fra udbygning 2 føres til Nuuk gennem den eksisterende 132 kV transmissionslinje.

I Nuuk modtages energien igennem de eksisterende transformerstationer NTR og QIN.

Ved Udbygning2 udnyttes transmissionslinjen til sin maksimale overføringsevne.

2.3 Udbygning 3

Den evt. fremtidige udbygning 3 består i hovedtræk i at udnytte faldet fra ISTA til KANG, ved at etablere en ny kraftstation (Kraftstation 3) ved overføringstunnelen med tilhørende tilløbs- og afløbstunnel tilsluttet overføringstunnelen.

For at overføre energien til Nuuk er det nødvendigt at bygge en ny transmissionslinje fra Kraftstation 3 til anlægget ved Buksefjorden. Samtidig doubleres den eksisterende transmissionsledning fra Buksefjorden til en ny transformerstation i Nuuk.

Udbygning 3 behandles ikke yderligere i nærværende dispositionsforslag

3 Hoveddata

Hydrologi og afsætning

	Udbygning 1	Efter udbygning 2
Nedbørsområde	856 km ²	1540 km ² ¹⁾
Middelårsafstrømning	352 mio. m ³	1248 mio. m ³ ²⁾
Årlig leverance i Nuuk	255 GWh	660 GWh (potentiale)
Reservoir, KANG	2163 mio. m ³	2163 mio. m ³
Reservoir, ISTA	-	2350 mio. m ³
	HRV	LRV
Reservoir, KANG	+261	+233
Reservoir, ISTA	+459	+415

1) Hertil kommer et ukendt areal af indlandsisen

2) Prognose for 2025-2050

Tunneler, kraftstation og portalbygning

	Udbygning 1	Efter udbygning 2
Portalbygninger (etageareal)	650 m ²	650 m ²
Kraftstationer (volumen) ¹⁾	9.600 m ³	22.400 m ³
Tunneler og skakte	16,0 km	34,9 km
- heraf vandfyldte	14,0 km	30,7 km

1) Ved to nye aggregater, 2x27,5 MW.

Aggregater

Turbiner (installeret effekt))

Udbygning1 3 stk. Francis 15 MW

Udbygning2 2 stk. Francis 27,50 MW (Hovedalternativ, se kap 6.2.2).

Generatorer

Udbygning1 3 stk. 18,3 MVA ved 750 o/min

Udbygning2 2 stk. 35,3 MVA ved $\cos \varphi = 0,85$

Transformatorer

Udbygning 1 3 stk. 18,3 MVA

Udbygning 2 2 stk. 35,3 MVA

Aggregater (maksimal effekt/kraftstation ikke samlet)

Udbygning 1 3 turbiner 45,75 MW ved $h_e = 262$ m

Udbygning 2 +2 turbiner 59,90 MW ved $h_e = 255$ m

Transmissionslinje

Transmissionslinjen er uændret ved udbygning 2.

Udbygning 1: 132 kV 56,7 km Driftsspænding afgang BUK: 138 kV

Udbygning 2: 132 kV 56,7 km Driftsspænding afgang BUK: 139 kV

4 Forudsætning for udbygning 2

4.1 Generelt

Inatsisartut har pålagt Naalakkersuisut at arbejde for udvidelse af elforsyningen fra Buksefjorden (EM 2019/153).

Udbygning 2 vil kunne tilvejebringe den størst mulige el-effekttilførsel til Nuuk by, uden at det er nødvendigt at øge kapaciteten i det eksisterende tunnelanlæg og den eksisterende transmissionslinje.

Elproduktion og effekt

Den installerede effekt bliver på $3 \times 15 + 2 \times 27,5 = 100$ MW. Med egetforbrug i Buksefjorden og transmissionstab bliver maksimaleffekten på sekundærsiden af 132 kV transformerne i Nuuk by ca. 97MW.

Den leverede maksimale energimængde på sekundærsiden af 132 kV transformerne i Nuuk (ved byporten) bliver på ca. 660 GWh/år.

Heraf forbruger Nuuk til lys, kraft, industri og fast elvarme i 2019 145 GWh, som forventes stigende til ca. 152 GWh i 2026 og ca. 177 GWh i 2050. Forbruget af afbrydelig elvarme i Nuuk by var i 2019 112 GWh, som forventes stigende til ca. 121 GWh i 2026 og ca. 154 GWh i 2050.

Til rådighed for yderligere afsætning af afbrydelig elvarme og industriforbrug vil der i 2050 være ca. 330 GWh ved byporten til rådighed for yderligere afbrydelig elvarme og evt. industri.

4.2 Kortgrundlag m.v.

Indenfor de aktuelle anlægsområder foreligger der følgende kortmateriale:

Korttype	Målestok	Ækvidistance	Udgiver	Årstal
Topografisk	1:250.000	50 m	GI/KMS	1979
Geologiske	1:100.000	100 m	GGU	1981
Topografisk	1:20.000	50 m	GGU	1973
Topografisk	1:5.000	5 m	GFU	1982
Topografisk	1:5.000	5 m	GFU	1993
Topografisk	1:10.000	10 m	GFU	1986

Tabel 4-1 Oversigt over tilgængelige kortmaterialer
GI/KMS: Geodætisk Institut/Kort- og Matrikelstyrelsen
GGU: Grønlands Geologiske Undersøgelse
GFU: Misisueqqaarnerit/Grønlands Forundersøgelser

GFU's kort i 1:5.000 fra 1982 dækker området mellem Buksefjorden og KANG, mens 1:5.000 kortene fra 1993 dækker indtagsområdet i ISTA og området omkring Kraftstation 3.

Transmissionslinjen mellem Buksefjorden og Nuuk er kun dækket af GI/KMS's kortgrundlag i 1:250.000, bortset fra strækningen mellem Nuuk og Kobbefjorden, der er dækket af GFU's kortgrundlag i 1:10.000.

Fra fotoflyvninger foreligger der følgende luftfotoserier:

Målestok (cirka)	År	Område
1:30.000	1981	Hele området
1:10.000	1981	BUKS - KANG, Sø 370, ventilkaverne
1:10.000	1985	Kraftstation 1 og dalen bagved
1: 5.000	1985	Kraftstation 1
1:15.000	1985	Transmissionslinien, BUKS - Nuuk

Tabel 4-2 Oversigt over tilgængelige fotoflyvninger

Koteniveauet er i 1990 fastsat ud fra vandstandsobservationer, sådan at middelvandstanden har kote ± 0.0 . Ved opførelsen af udbygning 1 blev kotenniveauet defineret så fikspunkt 55985 har kote +96,12. Dette kotenniveau er anvendt på GFU's senest udarbejdede kortmateriale, jf. forundersøgelsesrapport ref. ^B

Udover fotoflyvninger fra 1980'erne findes satellitfotos af området bl.a. fra Maxar Technologies, som bl.a. er anvendt i Google Earth i anlægsområdet, som pt. ikke bearbejdet til teknisk anvendelse.

Det vurderes at det bliver nødvendigt at lave et nyt digitalt kortgrundlag til anvendelse i tilbuds- og anlægsfasen, enten baseret på tilgængeligt satellitfotos eller fotoflyvning med fly eller droner.

4.2.1 Tidevand

Tidevandet i bunden af Buksefjorden varierer stort set som tidevandet ved Færingehavn:

Højeste højvande (ekstrem),	HHV:	+2,8
Højvande,	HV:	+1,9
Middelvandstand,	MV:	0,0
Lavvande,	LV:	-1,9
Laveste lavvande (ekstrem)	LLV:	-2,8

4.3 Geologi

4.3.1 Generelt

Vandkraftsanlægget ved Buksefjorden og anlægsområdet mellem KANG og ISTA er beliggende i et prækambrisk bjergartsområde, der hovedsagelig består af den såkaldte Nuuk-gnejs. Nuuk gnejsen består af to hovedkomponenter, nemlig mørke glimmerrige bånd og lyse bånd af kvarts og feldspat.

Der blev i 1993 udført målrettede ingeniørgeologiske og geofysiske undersøgelser, som er rapporteret i ref.^C, ^D, ^E

4.3.2 Område ved kraftstation 1 og 2

NGI har (Ref.C/ 1993) foretaget en ingeniørgeologisk kortlægning i eksisterende kraftstation og omkringliggende tunnelsystem med henblik på at vurdere forholdene for en ny kraftstation.

Bjergarten er båndet gnejs som på enkelte lokaliteter er gennemskåret af flere generationer pegmatitgange.

Bjergarten har en veludviklet planstruktur (foliation). Der er to hovedretninger med stejltstående sprækker. Den ene følger foliationsretningen NØ-SV (sone A), mens den anden strækker sig NV-SØ (sone B) (Figur 4.1). Sprækkeafstanden er ofte en meter eller mere, men langs enkelte sprækkezoner kan afstanden mellem hver sprække være i størrelsesorden 0,1-0,5 m.

En markeret sprækkezone med retning NØ-SV skærer igennem kraftstationsanlægget, kaldet zone A på Figur 4.1. Denne zone vil skære tilløbstunnelen til kraftstation 2 lige ovenfor konus. Større zoner med retning NV-SØ forventes ikke at vil skære det planlagte anlæg.

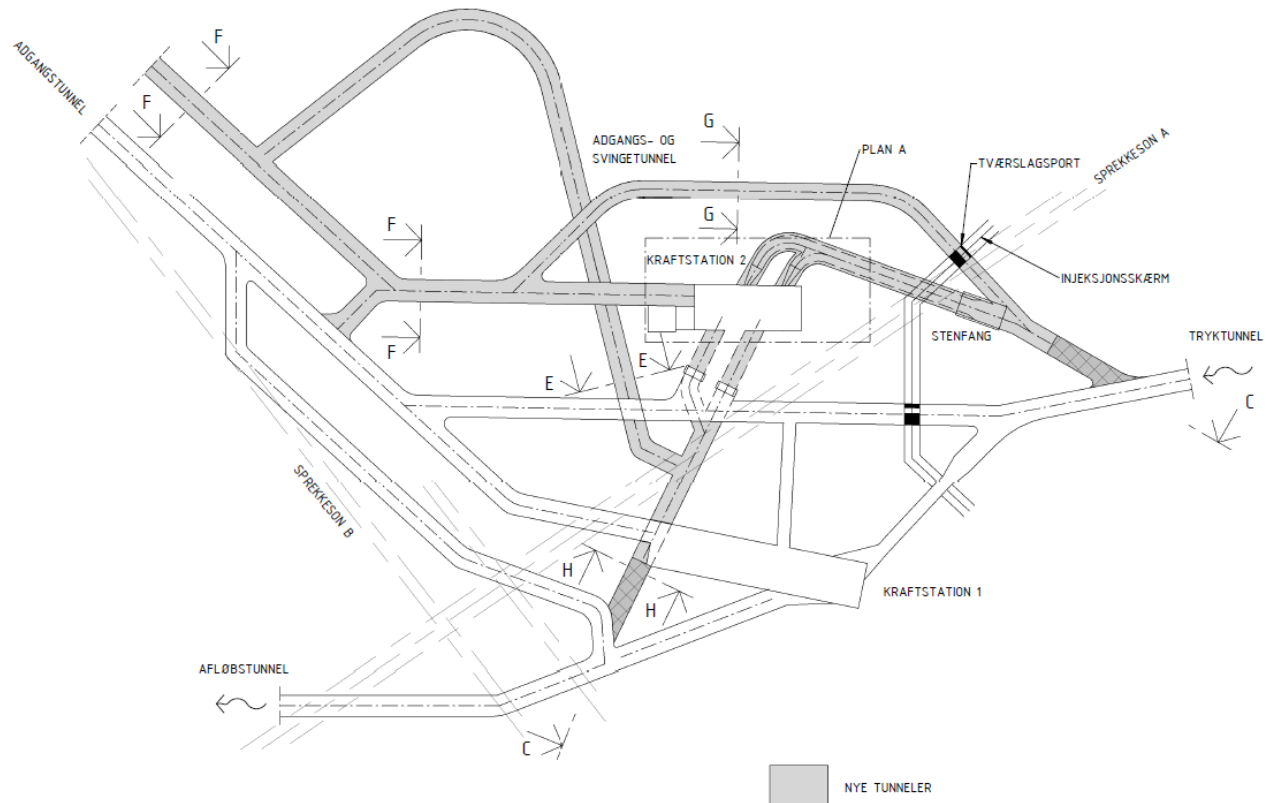
Fjeldkvaliteten ved den nye kraftstation og tilhørende tunneler er generelt god med Q-værdier overvejende mellem 25 og 150, dvs. at tunnelsikring ikke er nødvendig. Langs de største sprækkezoner er bergkvaliteten noget dårligere (Q= 3-7,5), hvilket nødvendiggør tunnelsikringsbolte og fiberarmeret sprøjtebeton i de dårligste områder.

Vandlækager inde i det eksisterende anlæg er relativt beskedne og knytter sig stort set til NV-SØ gående sprækker.

For den nye kraftstation 2 vil stejlt stående sprækker og sprækkezoner med retningen NØ-SV og NV-SØ gøre sig gældende. Den nye kraftstation synes at ligge bedst med en orientering hvor væggene ligger diagonalt i forhold til de to sprækkeretninger.

Sprækkezone A som krydser adgangen til tilløbstunnelen ved st. 0-100, vil skære tilløbstunnelen til den nye kraftstation lige ovenfor konus. Dette er uheldigt og kan potentielt give lækage fra den nye tryktunnel, det forventes dog at en grundig udført injektionsskærm kan forhindre lækager.

Omfanget af tunnelsikring i det nye anlæg forventes ikke at blive væsentlig forskelligt fra det, der udført i den eksisterende kraftstation 1.



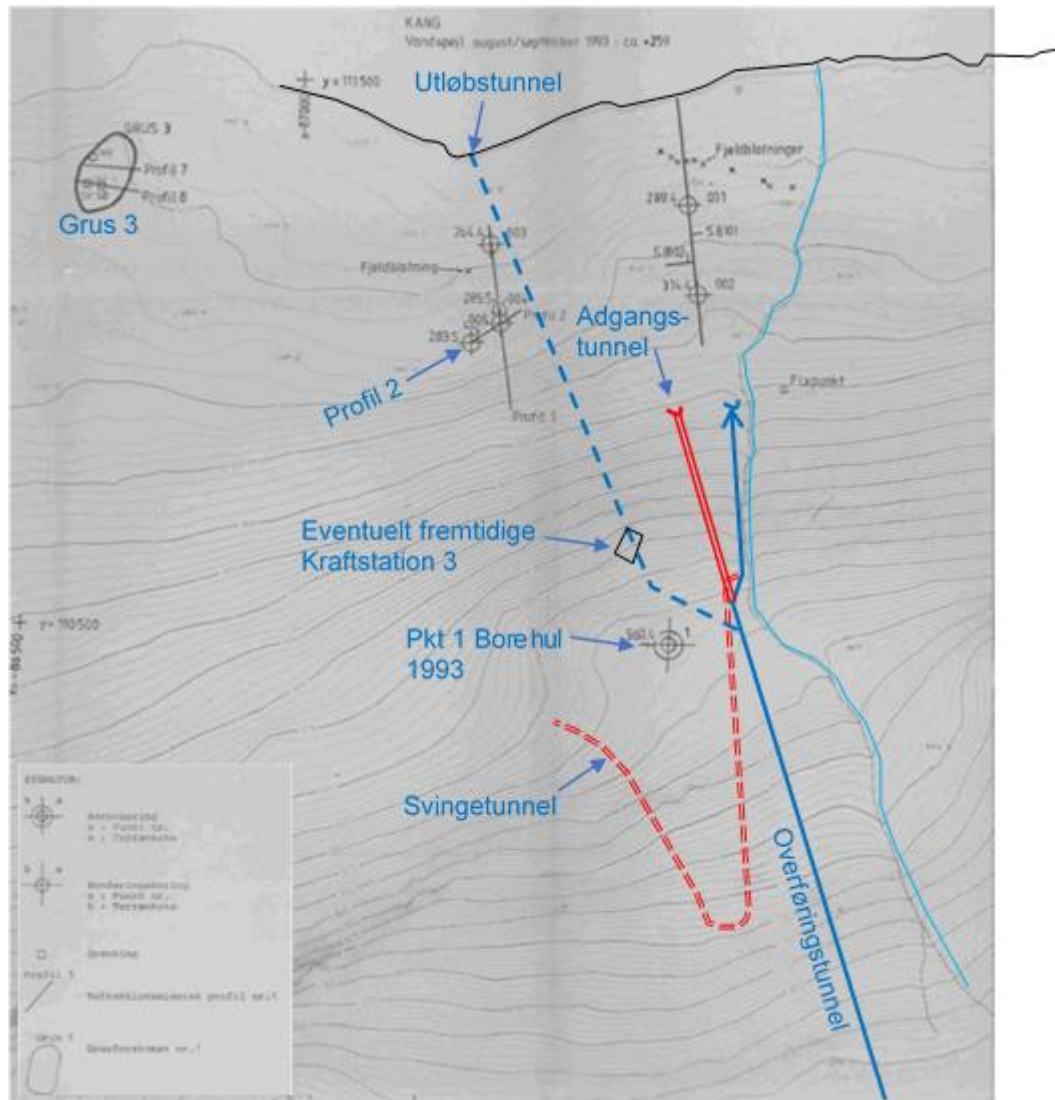
Figur 4.1 Skitse over eksisterende og planlagt anlæg med sprækkezoner /ref.C/. Grå linjer = tunneler for ny kraftstation 2.

4.3.3 Området mellem KANG og ISTA

Ved KANG:

Overføringstunnelen fra ISTA skal ved KANG afsluttes så det senere er muligt at opføre og tilslutte en ny kraftstation (Kraftstation 3) til overføringstunnelen, så tunnelen overgår til at blive tryk-/tilløbstunnel.

Tunneltraceet til overføringstunnelen er placeret så det er muligt at etablere en kraftstation 3 senere ^F, der henvises i øvrigt til afsnit 6.



Figur 4.2 Placering ved KANG af borehul 1, sonderingshul og refractionsseismiske profiler. Foreslået placering af overførsels- og adgangstunnel, samt en eventuel fremtidig Kraftstation 3 er indtegnet på tegning 7) /Ref.A /.

Mellem KANG og ISTA:

Grundfjeldet mellem KANG og ISTA udgøres af meget gamle bjergarter. For det meste er det granit som er omdannet til gnejs. Desuden optræder amfibolit i afgrænsede områder og derud over nogen diabasgange i den sydlige del af området. Bjergarternes trykfasthed ligger for det meste i området 100 - 130 MPa. /Ref. D/

Opsprækningen består af:

- sprækker langs bjergartens foliation, primært i NV-SØ retning,
- korte sprækker NØ - SV, og
- overfladeparallele sprækker som forventes at være begrænset til de øverste 100 m af grundfjeldet.

Generelt er der stor afstand mellem sprækkerne, men lokalt forekommer ansamlinger af sprækker i sprækkezoner.

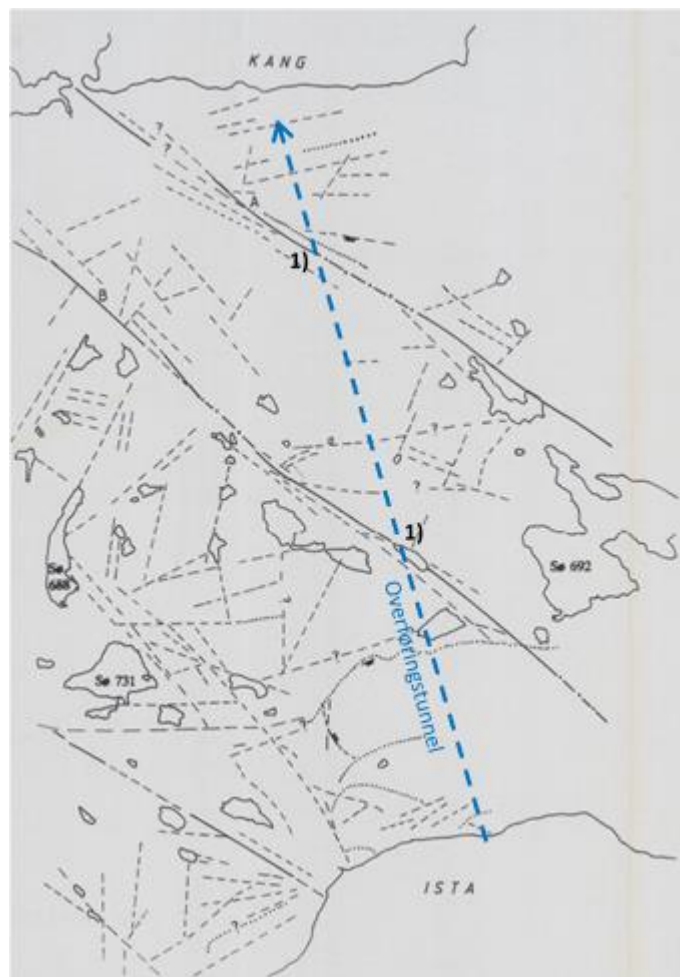
Der er påvist nogen moderate og enkelte store svaghedszoner. Opbygningen af zonerne kan ikke angives, da de ikke undersøges nærmere. Det vurderes dog, at der forekommer opsprækket fjeld med kvarts- og epidotitfældning.

Det forventes at der findes høje horisontalspændinger i grundfjeldet.

For tunneler og fjeldrum forventes det, at fjeldsprækker og ustabile sprækkeudløste blokke vil kræve sikring i form af bolte og sprøjtebeton. De største svaghedszoner vil sandsynligvis kræve systematisk boltning og sprøjtebeton, muligvis tillige med støbning af betonstøtter.

Vandlækager kan forekomme i enkelte zoner og åbne sprækker.

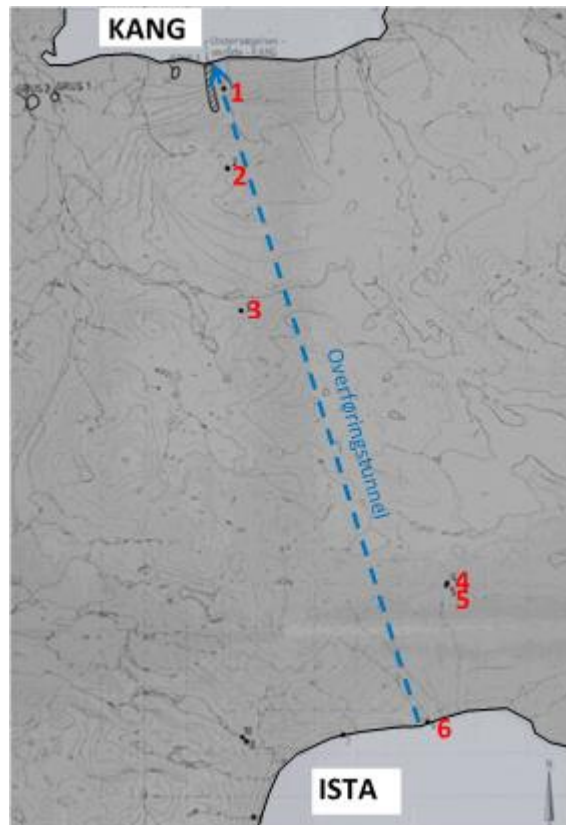
I Figur 4.3 er vist svaghedszoner som enten er påvist i marken eller som er tolket ud fra flyfotos.



Figur 4.3 Svaghed zoner 1) og store sprækker (tegn. 6, /ref .A/).

/Ref. D/. Der blev i 1993 udtaget 10 blokprøver i det aktuelle område (Figur 4.4).

Af borbarehedsanalyser fra SINTEF 1994-01-25 varierer "borsynkindeks DRI" mellem 28-69, meget lav til meget høj, og "borslitasjeindeks BWI" varierer mellem 23-42, lav til middel



Figur 4.4 1-6 = fjeldprøver (Geoteknisk Institutt, 1993-09-28).

/Ref. D afsnit 6.2/ Tunnelen ventes at måtte krydse flere svaghedszoner som specificeret på det ingeniørgeologiske kort, se punkt 1) i Figur 4.3. Mindst to af disse forventes at være af moderat til stor størrelse, dvs. med en tykkelse på mellem 5 m og 20 m. Opsprækning i sidefjeldet vil muligvis bevirke at påvirkningen fra zonen kan berøre tunnelen i 50 - 100 meters længde. Det er muligt at hele eller dele af disse zoner kan stabiliseres ved brug af fiberarmeret sprøjtebeton. Dersom de centrale dele indeholder ler, kan dette bevirke at zonen permanent må sikres med støbt beton.

Små til moderate zoner forventes at bestå af opsprækket fjeld eller af en gennemgående kant eventuelt med opsprækket sidefjeld. Eventuel sikring af disse zoner forventes at kunne udføres med sprøjtebeton og/eller bolte.

/Ref. D afsnit 6.1/ Ud fra overfladeobservationer forventes det at der stort set kun er tale om en relativt moderat opsprækningsgrad af grundfjeld langs de aktuelle tunneltracéer. Med gennemgående ru og bølgede sprækker forventes opsprækningen således at have relativt lille indvirkning på stabilitetsforholdene i en tunnel.

Det forventes midlertidigt, at der over en stor del af tunnellængden kan være så høje spændinger at afskalning og eventuelle fjeldsprækker vil kræve en del sikring. I overføringstunnelen, betyder nedfald af fjeldflager ikke meget under driften af anlægget, men fjeldsprækker vil kunne indvirke på stabiliteten i en sådan grad at en del arbejdssikring må udføres. Det bliver primært aktuelt med sprøjtebeton og/eller bolte i den forbindelse.

/Ref. D afsnit 6.3/ Vandlækager kan vanskeligt vurderes med en rimelig grad af nøjagtighed. Erfaringerne fra eksisterende kraftstation (udbygning 1) er, at det var en del lækager under etableringen af tunnelerne. Der forventes at være nogenlunde samme forhold for udbygning 2 (ISTA-KANG), idet de fleste sprækker ikke forventes at indeholder belægninger eller ler. Dette kan bevirke at mange af sprækkerne vil kunne være vandførende, og kræve nødvendige pumpekapacitet der hvor tunnelen ikke er selvdrænende.

For den permanente drift af et fremtidigt kraftværk 3 vil lækagerne næppe spille nogen rolle. Eventuelle lækager i adgangstunnel vil kunne afskærmes ved injektionsskærm.

Ved ISTA

/Ref. F afsnit 8/ Størstedelen af tilstrømningen (af vand) til ISTA stammer fra afsmeltning fra indlandsisen, og vandet medfører derfor sedimenter.

Indledningsvis blev der i maj 1993 udført en pejling for et indtag ved det østlige (tunnel) alternativ. Stedet var udvalgt ud fra en vurdering af, hvor der kunne forventes gode forhold for et indtag på 40 - 60 m's vanddybde, dvs. primært hvor der går en stejl fjeldside ned mod søen. Pejlingen viste gode dybdeforhold, men også at der på fjeldsiden ligger silt af en ukendt udbredelse.

I Figur 4.5-Figur 4.6 vises bunddybden og silttykkelsen fra et par seismikprofiler /ref. E/ . Figur 4.7 viser placeringerne af profilerne.

/Ref. E/ blev der fra land rekognosceret for indtag på strækningen mellem det østlige og det vestlige indtag.

Ved det østlige tunnelalternativ (Figur 4.5) danner fjeldet et lille forbjerg ud i søen, og fjeldoverfladen falder stejlt ned mod vandet. Overfladen er samtidig gennemset af overfladeparallelle sprækker, og på forbjergets vestlige side ligger mange nedfaldne blokke. Mod syd og øst ligger der ikke på tilsvarende måde blokke, hvilket kan skyldes at der ikke er dannet blokke på det pågældende sted eller at de er faldet ned i vandet.

Ved det vestlige tunnelalternativ ligger der også store mængder af nedfaldne blokke, som tydeligvis fortsætter ud i vandet. På nogle af blokkene kunne man se friske mærker efter nedfaldsaktivitet, sandsynligvis fra de højereliggende dele af bjergpartiet der er kraftigt op sprækket.

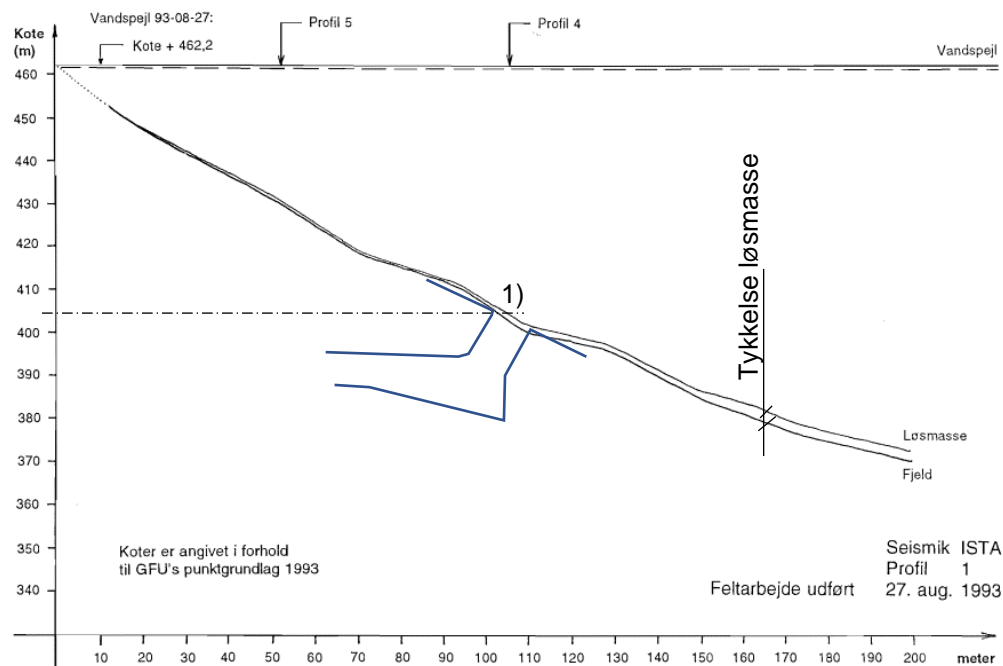
Ved arbejde på stedet skal der tages højde for risikoen for at nedfaldene sten. Der skal sikres mod risikoen for stenfald f.eks. med at beskyttelsestæg, hvor mennesker og maskiner er placeret.

Figur 4.5 og Figur 4.6 viser reflektionsseismisk profil nr. 1 og nr. 11.

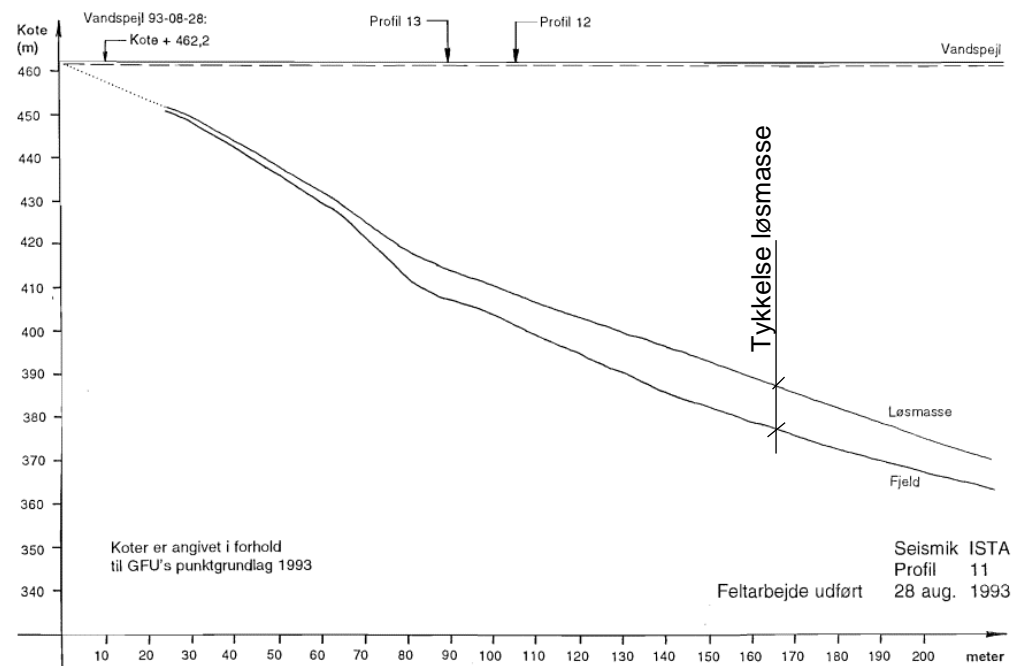
Figur 4.7 angiver placering af profilerne i ISTA. Det ses, at sedimenttykkelsen ved den østlige position, profil 1, tilsyneladende er tyndere end i den vestlige position, profil 11.

Dybdeforholdet, med hvor hurtigt søbunden strækker sig nedad, er temmelig ens for de to steder.

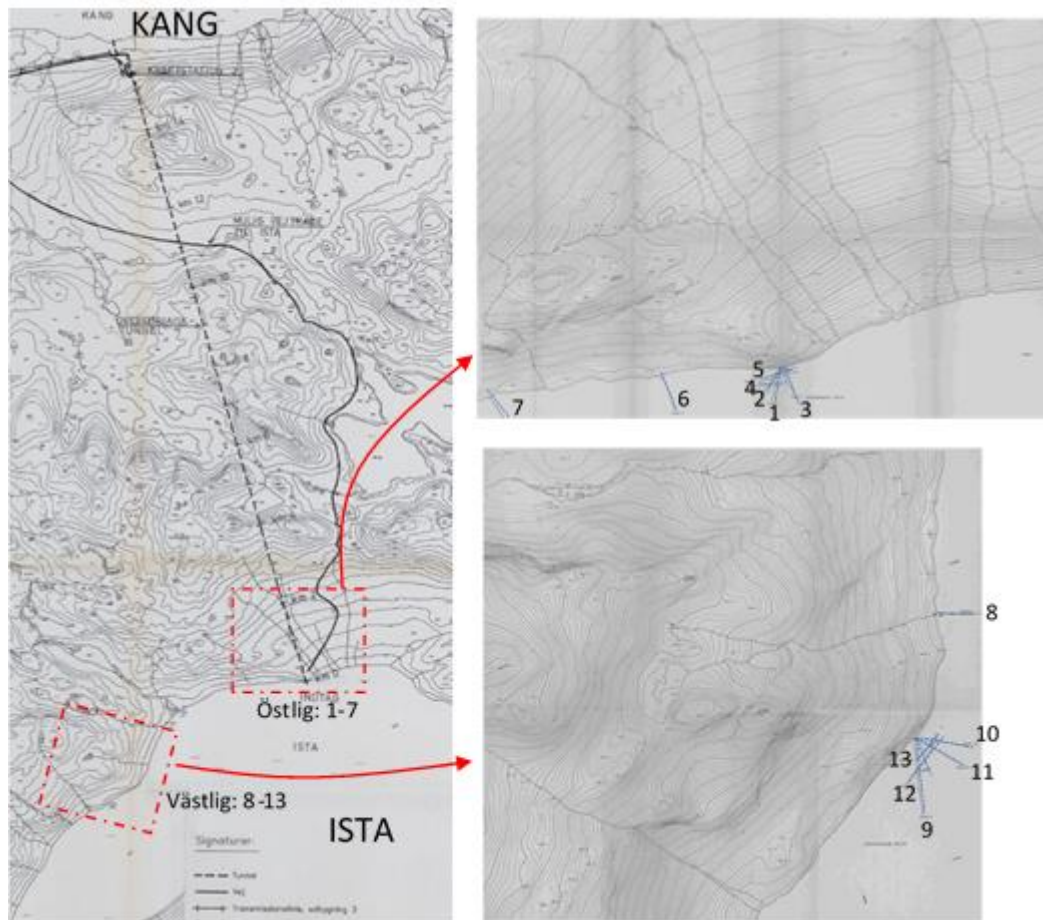
Figur 4.5 viser, at den forventede tykkelse af løsmasser på bunden er ca. 1 m ved 1), hvor tunnelindtaget er foreslået placeret



Figur 4.5 Refleksionssesmisk profil nr. 1 ved ISTA /ref. E/, ved den østlige placering af tunnelindtag. 1)= foreslået tunnelindtag.



Figur 4.6 Refleksionssesmisk profil nr. 11 ved ISTA /ref. E/ ved vestlige placering af tunnelindtag.



Figur 4.7 Refleksionssesmiske profiler ved ISTA /ref. E/

Under markarbejdet /ref. F/ blev det vurderet, at de største isfjelde i søen strandede på 10 - 15 m's dybde. Under etableringen af overføringstunnelen kan man forestille sig, at isfjelde i uheldige tilfælde kan blokere et indtag.

/ref. F sektion 14/ Under forundersøgelsesarbejdet indtraf tømning (af sø 710), og vandspejlet i ISTA steg ca. 18 m i løbet af 3 døgn, hvoraf stigningen i de sidste 24 timer inden kulminationen udgjorde ca. 10 m. Ved gletsjerfronten i ISTA blev der observeret en øget kælvningsaktivitet (af isfjelde) og beherskede strømhvirvler midt for gletsjerfronten. Dette tolkes derhen, at udløbet i ISTA skete under gletsjeren.

Den største risiko for kælvning af isbjerge er i henhold til /ref. F/ når sø 710 tømmes.

Hvis vandstanden i ISTA er blevet sænket til sit laveste niveau til kote ca. +415, kan isbjerge lettere fanges i tunnelindtaget. Men ved sø tømning fra Sø710 stiger vandstanden i ISTA hurtigt inden for 3 dage til en vandstand i kote +459 omkring 50 m over det foreslåede tunnelindtag. Risikoen for at et isbjerg sætter sig som en prop bør derfor være lav.

4.3.4 Temperaturforhold i fjeldet

I 1993 udførte det norske geotekniske institut kerneboringer fra niveauet ca. +560 m og 210 m ned til niveauet +350, hvor kraftstation 3 planlægges placeret med udbygning 3.

I borehullet blev temperaturen målt på den øverste overflade, 10 m ned i hullet og derefter hver 20. meter.

Temperaturen blev målt umiddelbart efter boringen den 8/8/1993 og derefter 1, 18 og 99 dage derefter, /ref. ⁹ / underfigur 1) i Figur 4.8 Beregnet temperaturprofil ved Kraftstation 3 ved KANG (/Ref. G/ bilag 14). 1) = risiko for permafrost, 2)= Foreslået placering af udløb fra overføringstunnelen og 3)= svingeskakt ved udbygning med kraftstation 3. Ventilkavernen skal placeres under nul-isotermen.

I feltarbejdet i 1993 var der (visuelt) klare tegn på permafrost i det lave område mellem det planlagte kraftstation 3 og søen KANG.

/Ref. G/ Forventes det at fjeldet på dette sted er frosset ned til ca. 200 m under terræn. Boringen er udført fra terræn der vender mod nord, og dermed modtager relativ lille varmeindstråling.

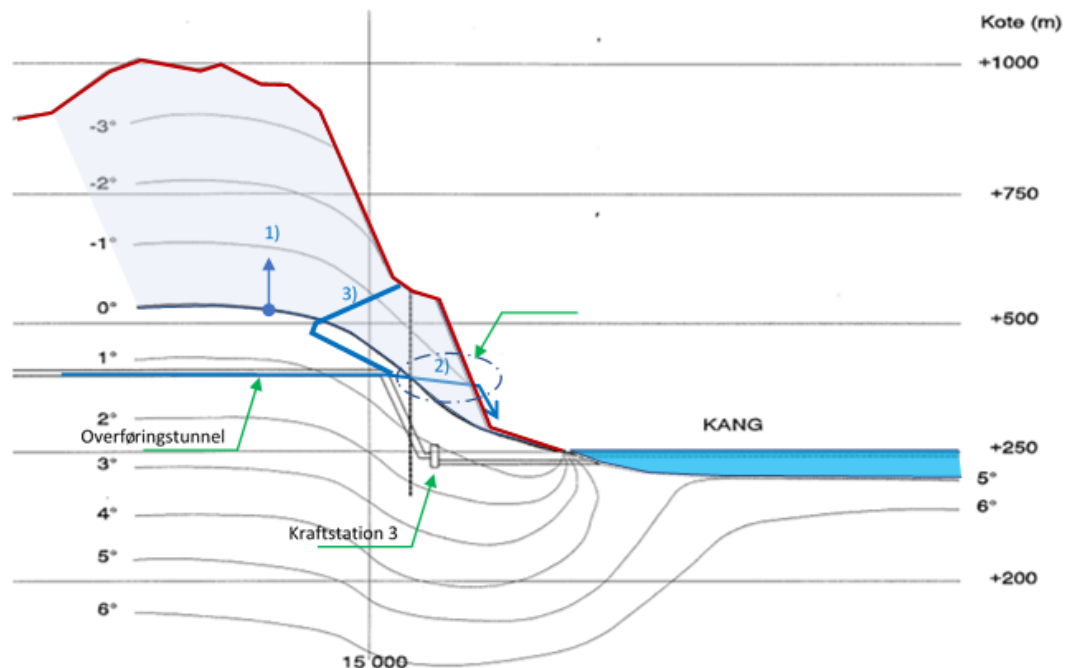
Den målte termiske gradient blev bestemt til ca. 1 ° C/100 m /Ref. G/

I januar 1994 blev der foretaget FEM-beregninger /Ref. G/ for slutningen af overførelsestunnelen i KANG og indgangen til tunnelen i ISTA. Der blev anvendt to forskellige modeller, en "Forsyning 1" med varmeledning og en "Forsyning 2", som også tog hensyn til konvektionen af vind og solstråling.

Estimerede resultater ved KANG blev vurderet til at være i god overensstemmelse med målte resultater fra temperaturmålingerne i borehullet. Både model 1 og 2 gav god overensstemmelse med de målte værdier. Model 1 gav lidt dybere permafrost end model 2, og værdier næsten identiske med de målte værdier.

Figur 4.8 Beregnet temperaturprofil ved Kraftstation 3 ved KANG (/Ref. G/ bilag 14). 1) = risiko for permafrost, 2)= Foreslået placering af udløb fra overføringstunnelen og 3)= svingeskakt ved udbygning med kraftstation 3. Ventilkavernen skal placeres under nul-isotermen. viser et resumé af de i /Ref. G/ beregnede temperaturer det sted hvor kraftstation 3 planlægges placeret med udbygning 3.

I figuren er den foreslåede placering af tryktunnelen tæt på det sted hvor der er målt negative temperaturgrader i bjerget, se ved 2). Ca. 200 m af overføringstunnelen, og næsten hele svingeskakten forventes at ligge i fjeld med permafrost, henholdsvis ved 2) og 3)



Figur 4.8 Beregnet temperaturprofil ved Kraftstation 3 ved KANG (/Ref. G/ bilag 14). 1) = risiko for permafrost, 2)= Foreslået placering af udløb fra overføringstunnelen og 3)= svingeskakt ved udbygning med kraftstation 3. Ventilkavernen skal placeres under nul-isotermeren.

I /Ref. G/ blev der også udført FEM-modelberegninger for området ved tunnelindtaget ved ISTA.

Bedste resultater blev opnået med modellen, med vindkonvektion og varmestråling. Dette skyldes at området er orienteret mod syd, og påvirkes mere af solstråling end ved KANG, som vender mod nord.

Til trods for at placeringen af indtaget vender mod syd, er det sandsynligt at der forekommer permafrost i betydelige dybder under overfladen /Ref. G/.

Der bør ved ISTA og KANG udføres flere borer for til temperaturmålinger til fastlæggelse af en mere nøjagtig placering af lukke- og reguleringsarrangement.

Udover området ved indtag og udløb, vurderes det i /Ref. G/ at der ikke er risiko for permafrost imellem ISTA og KANG

4.3.5 Tilslagsmaterialer

/Ref. F kapitel 13/ Der ved elven vest for Kraftstation 3 lokaliseret nogle grusforekomster, som er nærmere undersøgt med henblik på anvendelse som tilslagsmateriale til betonfremstilling. Disse undersøgelser er rapporteret i /ref. E

Ved KANG's østende, nær punkt 74184, findes også store grus forekomster, hvorfra der blev udtaget tilslagsmateriale til bygning af dæmningen over KANG's udløb.

/Ref. E afsnit 3.2/ Er der undersøgt for humus-indhold i grusmateriale. Det er noteret at prøverne "grus 1", "grus 2" og "grus 3" ikke har så høje humusniveauer, at de ikke kan bruges som betongrus.

I en rapport fra 1994-01-25 fra Vejdirektoratet, bilag til /ref. E/, anbefales det at risikoen for alkalireaktivitet undersøges for sand såvel som sten geologisk via en tyndkornsundersøgelse.

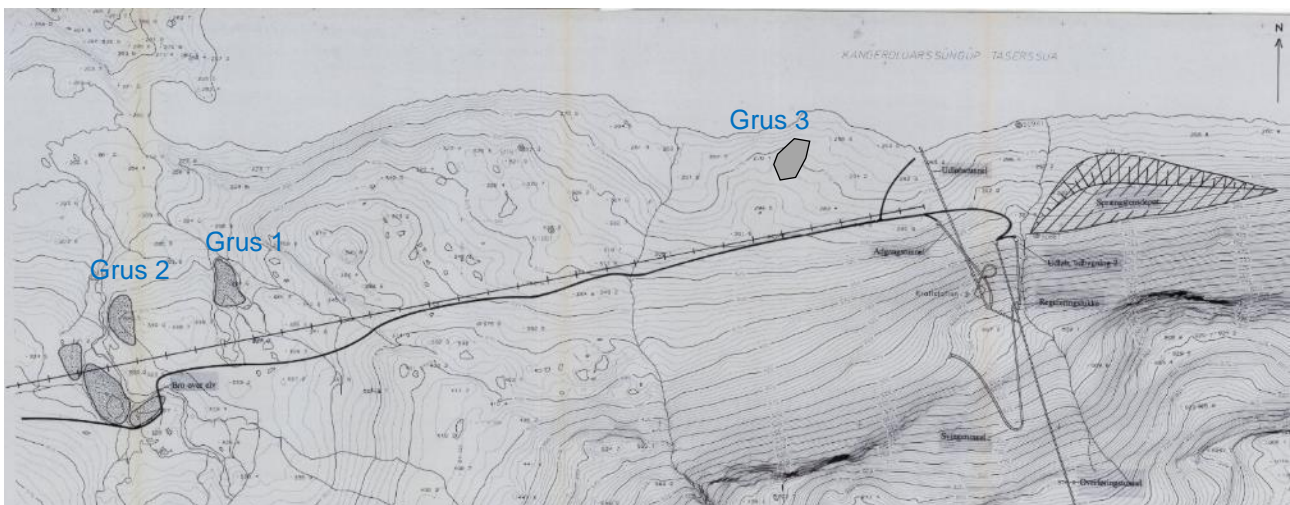
Ved etableringen af Udbygning1 blev der udvundet sand til betonfremstilling fra 2 sandforekomster. Den ene er beliggende ved Buksefjorden (vist på bilag nr. 5), mens den anden ligger ved KANG's østende, ca. 8 km øst for Kraftstation 3.

Figur 4.9 viser forekomsten af nogle smeltevandsaflejringer ved elven ca. 4 km vest for udløbet. Ifølge de foretagne undersøgelser kan der af disse forekomster udvindes sand som er egnet til betontilslag. Det skal bemærkes, at der ved undersøgelserne i august/september blev konstateret frostspejl helt op til 0,4 m under overfladen.

På det relativt flade område mellem udløbet og de ovenfor nævnte smeltevandsaflejringer findes flere moræenerygge. Disse vurderes ikke som egnede til fremstilling af tilslagsmaterialer da mængderne er små og da humusindholdet er større end i smeltevandsaflejringerne.

For alle de nævnte sandforekomster må det forventes, at der til betonfremstilling kun kan udvindes fine fraktioner, og de grove fraktioner i beton må fremstilles ved nedknusning af sprængsten.

Bilag 23-28 i /ref. E/ viser ved "grus 1", "grus 2" og "grus 3", at der er ca. 1-2 m tykke lag sand / grus over frostniveau. Da disse områder hver har et areal på ca. $115 \times 115 = 13.200 \text{ m}^2$, er det disponible volumen sand / grus over frostspejlet ved de tre områder ca. $3 \times 13200 \times 1 = \text{ca. } 40.000 \text{ m}^3$, hvilket skulle være nok til den nødvendige betonproduktion i området.



Figur 4.9 Tilslagsmaterialer ved Kraftstation 3 og vest derfor (tegning 7, /ref. A/). Grus 1-3, se /ref kapitel 3.

4.4 Hydrologi

4.4.1 Udnyttelse af vandressourcer

De hydrologiske oplande består dels af reservoiret for det eksisterende vandkraftværk, Kangerluarsunnguup (KANG), og dels af søen Isortuarsuup Tasia (ISTA). Opland IV og opland V, som ligger mellem KANG og ISTA, er overført til KANG via tunnel og kanal under driften af Buksefjorden vandkraftanlæg, hvorfor afstrømning herfra er medregnet under KANG og fratrullet fra ISTA.

4.4.2 Afstrømning fra KANG

KANGs opland, der næsten udelukkende består af nedbør med enkelte lokale gletsjerdækkede områder, er i [Nukissiorfiit 2005, 18]^H angivet til 856 km² inkl. de tilstødende oplande I, II, IV, V og A.

For KANG foreligger der ikke målinger af afstrømningen efter vandkraftanlæggets start. Til gengæld har Nukissiorfiit leveret en vurdering af afstrømningen på baggrund af data fra anlæggets drift og overløb på dæmningen [Nukissiorfiit 2020a]^I. Disse data er leveret på månedsbasis i perioden 1993-2019 og omregnet til 5-døgns perioder.

De målte årsafstrømninger er vist i Figur 4.11.

De målte (beregnete) årsafstrømninger siden 1994 har haft en relativ lille variation med et middel på 353,2 mio. m³/a.

4.4.3 Afstrømning fra ISTA

For ISTA foreligger målinger af afstrømningen siden 1976. Det naturlige opland omfatter et isfrit areal på 700 km², et areal på 126 km² dækket af lokale gletsjere samt et areal på Grønlands indlandsis af ukendt størrelse [ASIAQ 2018, 3]^J. I [Nukissiorfiit 2005, 19] er dette angivet til 480 km².

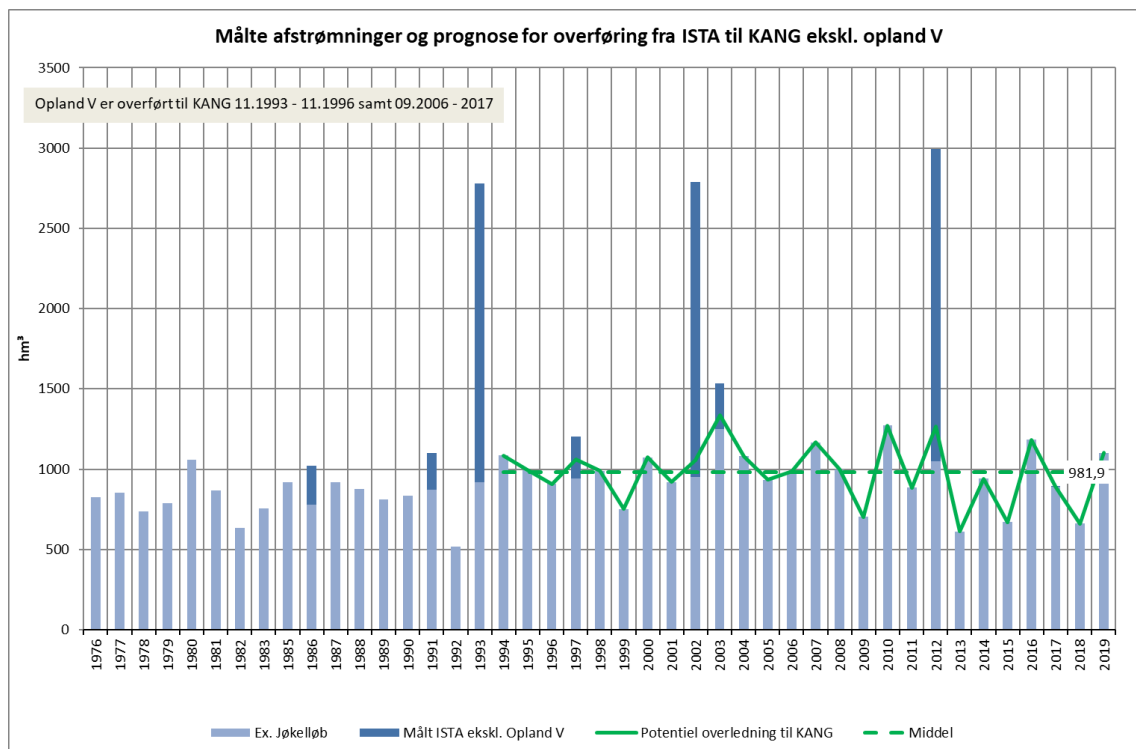
Målte data er modtaget fra ASIAQ 2020^K. Data er omregnet til 5 døgns værdier (mio. m³/5 døgn). I enkelte perioder foreligger der ikke målinger; disse er tilføjet som middelværdier i den pågældende periode.

Målingerne indeholder afstrømning fra udtømning af de isopdæmmede Sø 710 og Sø 760 således som det fremgår af Figur 4.10. ASIAQ har anslået størrelsen af disse jøkelløb, som er fratrasket afstrømningen, da de er af en størrelse, som ikke vil kunne overføres til KANG.

I figuren er angivet en potentiel overføring til KANG gennem overføringstunnelen. Dette er ligeledes angivet på Figur 4.11. Afstrømningen fra ISTA viser en aftagende tendens siden 1994 med en middel afstrømning på 981,9 mio. m³/a. Fremskrives den aftagende tendens til 2025 fås en fremtidig middelfafstrømning på 896 mio. m³/a.

Variationen fra år til år for ISTA er betydelig større end for KANG. Dette vil have indflydelse på den fremtidige afstrømning, der er til rådighed for udbygning².

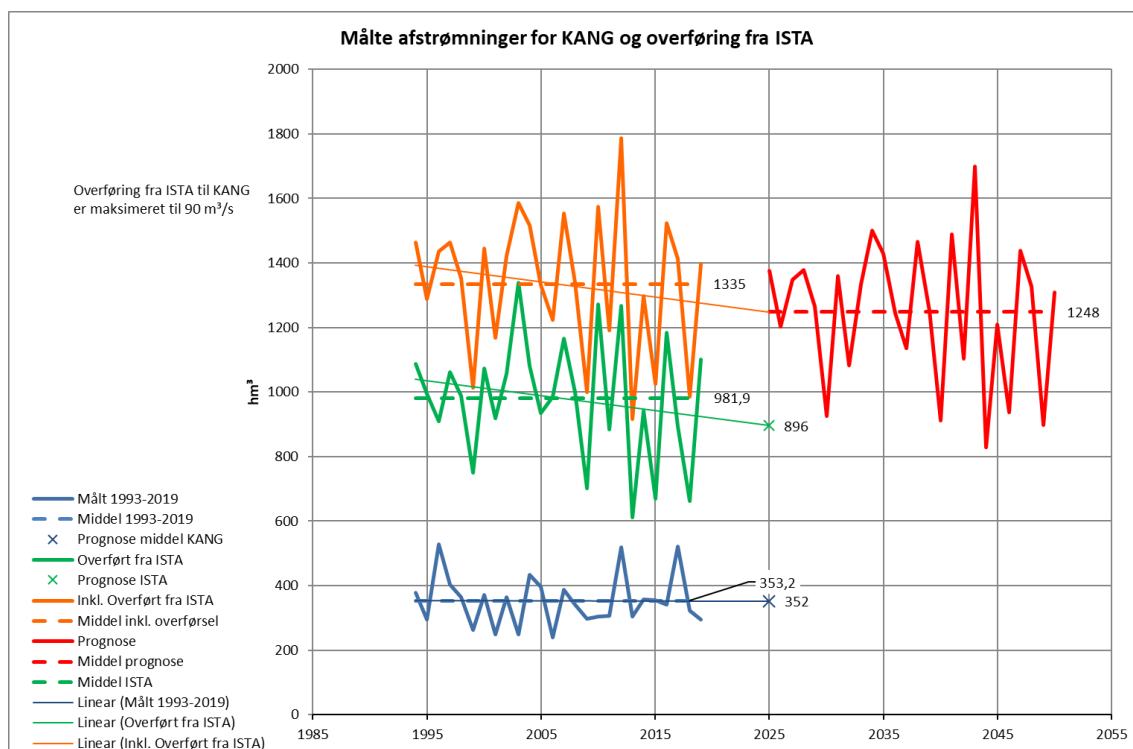
Beregningsmæssigt overføres vandet fra ISTA til KANG i takt med energibehovet inden for den enkelte 5-døgns periode. Det betyder, at der i ISTA opmagasineres vand fra afstrømningsperioden om sommeren til vinterperioden. Reservoirbehovet i ISTA er beregnet til maksimalt 1000 mio. m³/a.



Figur 4.10 Målt afstrømning for ISTA inkl. jøkelløb

4.4.4

Middelårsafstrømninger



Figur 4.11 Målt afstrømning for KANG og overførsel fra ISTA til KANG. Prognosen for tilstrømningen i perioden 2025-2050 er baseret på tilstrømningen til KANG og overledningen fra ISTA, reduceret for den aftagende tendens for tilstrømningen til ISTA.

Summen af tilstrømningen til KANG og den potentielle overførsel fra ISTA var i perioden 1994-2019 på 1335 mio. m³/a i gennemsnit. Med den aftagende tendens for afstrømningen for ISTA vurderes middelårsafstrømningen i 2025 i alt at være 1248 mio. m³/a, hvilket vil være den vandmængde, der regnes med at være til rådighed for Buksefjordsværket udbygning 2 i perioden 2025-2050.

Variationen af den vandmængde, der er til rådighed, vil variere kraftigt fra år til år pga. den varierende afstrømning fra ISTA. I prognoseperioden fra 2025 til 2050 varierer den samlede afstrømning fra 829 til 1700 mio. m³/a.

Denne variation kan reduceres ved en overregulering af overføringen fra ISTA, dvs. en opmagasinering i ISTA fra våde år til tørre år. Beregningsmæssigt er der ikke regnet med denne overregulering.

4.4.5 Reservoirforhold

Buksefjordsanlægget udbygning 2 udnytter KANG som reservoir. Søen er opmålt i 2019^L. Det beregnede reservoirvolumen mellem kote 233 og kote 261 er 2095 mio. m³.

Reservoirvolumen for ISTA mellem kote 415 og kote 459 er 2350 mio. m³ ^M

4.4.6 Klima

Klimaets indvirkning på vandkraftværker i fremtiden er beskrevet i [ASIAQ 2018-14]. Det konkluderes, at den gennemsnitlige vandressource kan stige med 5-10 %, afhængigt af klimascenariet. Variationen af afstrømningen fra år til år vurderes at blive mindre.

For ISTAs vedkommende er der ikke udført en lignende vurdering af den fremtidige afstrømning. Det eneste kendte nyere studie er ovennævnte fra ASIAQ, og her vurderes afstrømningen fra det eneste undersøgte vandkraftværk baseret på afstrømningen fra indlandsisen, Paakitsoq ved Ilulissat, at blive noget større i fremtiden. Afstanden hertil er dog så stor, at vurderingen ikke umiddelbart kan overføres til ISTA. På trods af den faldende tendens i afstrømningen siden 1994 er det valgt af fastsætte middelværdien for prognosen for den fremtidige afstrømning på tendens-afstrømningen i 2025 (896 mio. m³/a). Det foreslås at der udarbejdes en klimaundersøgelse, jf. afsnit 8.2.

4.5 Elafsætning

4.5.1 Generelt

Afsætning af energi fra vandkraftværket til Nuuk er baseret på en opgørelse af energisalget i Nuuk i 2019, jf. afsnit 4.6.2. Salget fremskrives til perioden 2026-2050 og omregnes til energibehov ved "byporten", som defineres som afgang på 132/60 kV transformerstationerne ved overgangen til distributionsnettene.

Produktionen for turbinerne beregnes under hensyntagen til tab i transmissionslinjen samt tab og egetforbrug i kraftstationen, jf. Tabel 4-5.

Der er fuld klarhed over, hvilken effektfaktor ($\cos \varphi$) der er fra belastningen i Nuuk by, idet det alt overskyggende forbrug er ren ohmsk belastning hidrørende fra el til opvarmningsformål. Ikke bare i form af fast eller afbrydelige elvarme, men også til madlavning, opvask, tøjvask etc.

Der er gennemført en beregning af $\cos \varphi$ og tabene i transmissionslinjen.

$\cos \varphi = 0,997$, hvilket viser en meget stor andel af ren ohmsk modstand i modsætning til stærke induktive belastninger som f.eks. elektromotorer.

Denne $\cos \varphi$ viser endvidere, at fasekompensering af transmissionslinjen ikke er nødvendig, hverken i BUK eller transformerstationerne i Nuuk. Målte og beregnede værdier under de eksisterende forhold (udbygning 1) fremgår af bilag 51.

Udbygning 2

Ved overføring af godt 100 MVA ved $\cos \varphi = 0,997$ på den eksisterende transmissionslinje mellem Buksefjorden og Nuuk vil spændingsfaldet andrage ca. 4 kV (ca. 2,9%) og de aktive tab ca. 2.900 kWh.

Som nævnt ovenfor giver dette ikke behov for fasekompensering, ligesom spændingsfaldet fra Buksefjordsværket (BUK) til Nuuk by ligger indenfor det acceptable.

Når udbygning 2 er gennemført, vil det dog være nødvendigt at øge afgangsspændingen fra BUK fra de nuværende 138 kV til 139 kV såfremt, det nuværende spændingsniveau på sekundærsiden af byens 132 kV transformere skal forblive uændret.

En driftsspænding på 139 kV er mulig, idet 132 kV materiel (transformere, isolatorer, respektafstande etc.) er beregnet for en maksimal driftsspænding på 145 kV.

Beregningerne fremgår af bilag 52 på baggrund af de eksisterende forhold beskrevet i bilag 51.

Som nævnt er $\cos \varphi$ på belastningen i Nuuk ca. 0,997 og etableringen af udbygning 2 forventes kun at øge $\cos \varphi$ op imod 1, i det omfang den til rådighed værende effekt udnyttes til opvarmning (ren ohmsk belastning $\cos \varphi = 1$).

4.5.2 Reserveforsyning for ekstra afsætning til industri

Hvis der afsættes energi til industri eller anden forbruger, kan det blive nødvendigt at etablere reserveforsyning for denne leverance. I modsat fald kan det blive nødvendigt at reducere afsætning til afbrydelig varme i Nuuk.

4.6 Driftsimuleringer

4.6.1 Overordnede betragtninger

Der er udarbejdet en driftsimulering baseret på NIRAS' model OPSIM v. 7.1. Driftsimuleringen omsætter et givet energibehov til et vandforbrug i en given periode (tidskridt). Modellen holder styr på reservoirets indhold baseret på tilstrømning i perioden og vandforbruget til energiproduktionen.

Hvis indholdet i reservoiret kommer under et vist niveau på det aktuelle tidspunkt afbrydes der for leverancen til afbrydelig elvarme. Denne "tappestrategi" tilgodeser, at der altid vil være vand nok til rådighed for produktion af energi til lys/kraft og fast elvarme. Forskellen mellem energibehovet og den mulige energiproduktion skal produceres af anden energikilde, fx olie.

Driftsimuleringen udføres i 5-døgns tidskridt over en prognoseperiode på 25 år, 2026-2050.

4.6.2 Energibehov- og produktion

Energibehovet tager udgangspunkt i Nukissiorfiit's salg af el i 2019 [Nukissiorfiit 2020c]^N, jf. Tabel 4-3, men korrigeres i forhold til tendensen for udviklingen siden 2009.

Energibehovet inddeles efter lys/kraft inkl. gadelys og industri, fast elvarme, eksisterende afbrydelig elvarme og fjernvarme mv. og supplerende elvarme.

	MWh	Lys/kraft	Varme	Stigningstakt
Almindelig		68.975		Varierer med indbyggerantal
Gadelys		825		Varierer med indbyggerantal
Industri		9.660		Varierer med indbyggerantal
Afbrydelig el-varme			20.768	Fast privat elvarme
Fast elvarme			55.032	Fast
Fjernvarme			87.129	Varierer med indbyggerantal
Egetforbrug		2.744	92	Varierer med indbyggerantal
I alt		82.204	163.021	

Tabel 4-3 Salg af el i 2019

I driftsimuleringsmodellen opgøres elproduktionen ved byporten, dvs. ved afgang fra 132/60(10) kV transformerne. Efter oplysninger i [Nukissiorfiit 2020c] er tabet i distributionsnettet 1,58 %, som tillægges salget.

Ud over det nuværende salg regnes med en supplerende varmeafsætning til mindre og private varme anlæg således, at det samlede elvarmesalg kommer op på 16 MWh/indbygger/a [EA 2018, 30]^O.

År	Indbyggere*	Lys/kraft	Fast elvarme	Afbrydelig elvarme	Supplerende elvarme	Energi i alt
2019	17.984	86.581	57.962	111.997	0	256.540
2026	19.491	93.836	57.962	121.382	137.512	410.692
2050	24.658	118.712	57.962	153.561	189.332	519.567

Tabel 4-4 Korregeret el-behov ved byporten i MWh/a.

*) Kilde: Grønlands Statistik. Væksten i indbyggerantal efter 2019 regnes som retlinet efter tendensen i perioden 1980-2019

I driftsimuleringsmodellen er der mulighed for at tillægge et fast energibehov til uspecificeret forbrug. Derved kan det samlede energipotential beregnes.

4.6.3 Driftssituationen

Driftsimuleringen starter i 2026 med fyldt reservoir. Hvis reservoiret ikke er fyldt vil det i løbet af den første sommer kunne fyldes gennem overføring fra ISTA.

I driftsimuleringen er der set bort fra jøkeløb, som for de størstes vedkommende optræder med interval på 9-10 år. Da der er stort overskud af vand fra ISTA, har dette ikke nogen betydning for resultatet.

For at vurdere variationen i afstrømningen fra ISTA udføres flere driftsimuleringer med forskelligt startår for den prognosticerede overførsel.

4.6.4 Datagrundlag

Driftsimuleringerne er udført på følgende grundlag:

- Beregningerne udføres i tidskridt på 5 døgn
- Som tilstrømning anvendes de tidsserier, der er vist i Figur 4.11
- For vandvejene mellem KANG og vandkraftværket er anvendt de faldtab, som er nævnt i Tabel 4-5. Den maksimale vandføring i tilløbstunnelen er 45 m³/s
- Turbinevirkningsgraden er variabel i forhold til vandføringen, jf. [Nukissiorfiit b]^P. Der beregnes en sammensat virkningsgrad for turbinerne for hhv. 15, 30, 45, 55, 70, 85 og 100 MW
- Tabet i kraftstation efter turbinerne og egetforbruget er anført i Tabel 4-5
- Tabet i transmissionslinjen inkl. transformerne i begge ender er angivet i Tabel 4-5
- Energiebehovet er angivet i afsnit 4.6.2
- Volumen af reservoiret ved afslutningen af simuleringsperioden er det samme som ved periodens begyndelse.

Tab i vandveje i meter	0,0092*q ² hvor q er vandføring i m ³ /s
Tab og egetforbrug i kraftstation	5 %
Tab i transmissionslinje	0,022882*P % hvor P er effekten i MW

Tabel 4-5 Faldtab i vandveje [m] og elektriske tab i kraftstation og transmissionslinje

4.6.5 Resultater af simuleringer

I Tabel 4-6 er angivet resultatet af driftsimuleringerne med forskellige tillæg af ekstra afsætning. Tilstrømningen er baseret på prognosen, som er vist i Figur 4.11. For at vurdere hydrologiens betydning køres driftsimuleringen med forskelligt starttidspunkt for den hydrologiske serie, og der vælges det mest ugunstige scenarie. Dette svarer til en serie med de laveste år i slutningen af simuleringsperioden, hvor der er størst behov for vand.

År	Lys/kraft og fast el-varme	Eksist. afbrydelig varme	Supplerende varme*	Ekstra afsætning	I alt produktion	I alt behov	Behov for olieproduktion
Kørsel 1							
2026	152	121	138	0	411	411	0
2050	177	154	189	0	520	520	0
Kørsel 2 (ekstra afsætning)							
2026	152	121	138	100	511	511	0
2050	177	154	189	100	620	620	0
Kørsel 3 (forhøjet ekstra afsætning)							
2026	152	121	138	140	551	551	0
2050	177	154	189	140	660	665	5

Tabel 4-6 Produktion i GWh/a ved byporten

*) den supplerende varme bringer den samlede varmeafsætning op på 16 MWh/person pr. år

Kørsel 1 dækker det eksisterende kendte behov på 520 GWh i 2050.

Kørsel 2 viser, at der kan dækkes yderligere 100 GWh i 2050.

I kørsel 3 er der regnet med en ekstra afsætning (til industri eller andet) på 140 GWh/a. Dette medfører, at der fra 2043 ikke er tilstrækkeligt tilstrømning, og det er nødvendigt at supplere med opvarmning med olie for at opretholde forsyning til de andre forbrugere. Samtidig vil reservoir ikke kunne holdes på maksimum i alle år.

Konklusionen er, at byens behov kan dækkes frem til 2050, og at der yderligere kan afsættes mere end 100 GWh/a til andet forbrug (industri). En ændret udvikling af tilstrømningen, og en øget overføring fra ISTA om sommeren, kan dog ændre på dette, men på det foreliggende grundlag må det konkluderes, at vandkraftværkets kapacitet i 25 års drift er mindst **660 GWh/a**.

5 Miljøforhold og myndighedsbehandling

5.1 Miljøforhold

5.1.1 Tidligere miljøundersøgelser m.m.

Forud for opførelsen af vandkraftværket i Buksefjorden blev der i årene 1982-1985 foretaget undersøgelser af Buksefjordens hydrografi, de ferskvandsbiologiske forhold i de af projektet berørte elve og søer, rensdyrbestanden samt vegetationen i området. Vegetationsundersøgelsen er udført som et led i undersøgelserne af rensdyrbestanden.

Ligeledes er der i 1982 og 1984 en kortlægning af de kulturhistoriske interesser i projektområdet, som i årene 1990-1992 er fulgt af egentlige undersøgelser af de kortlagte lokaliteter.

De nævnte undersøgelser er dels dokumenteret i rapporten *Miljømæssig vurdering af vandkraftprojekt Kangerluarsunnguag/Buksefjord, Nuuk/Godthåb*⁹ og dels i faglige rapporter udarbejdet i forbindelse med de pågældende undersøgelser^{RSTUV}.

Ingen af de nævnte undersøgelser med undtagelse af undersøgelserne af rensdyrbestanden har omfattet området omkring ISTA samt tracéet for den nye vej mellem anlægsområderne ved henholdsvis KANG og ISTA.

Det må derfor forventes, at der vil blive stillet krav om, at der foretages miljøundersøgelser i disse områder. Omfanget af undersøgelserne kan dog først endeligt fastlægges, når der har været dialog med miljømyndighederne om den senere omtalte VVM-proces.

Allerede på nuværende tidspunkt er der indledt en dialog med Grønlands Nationalmuseum & Arkiv om udførelse af arkæologiske undersøgelser i områderne.

5.1.2 Ændrede miljøpåvirkninger ved udbygning 2

I nedenstående er der foretaget en gennemgang af de mest markante ændringer i miljøpåvirkningerne ved udbygning af vandkraftværket i Buksefjorden.

Det må forventes, at de nationale miljømyndigheder vil stille krav om at få disse påvirkninger grundigt belyst i forbindelse med den senere beskrevne VVM-redegørelse, herunder krav om nye baselineundersøgelser i felten.

KANG reservoiret

Udbygning 2 vil ikke ændre på højeste og laveste vandspejl i KANG. Vandkvaliteten vil imidlertid blive væsentlig ændret, idet det vand der overføres fra ISTA, stammer fra gletsjerafløb og derfor har et højt indhold af ler- og siltpartikler.

Det skønnes, at det overledte vand vil have samme kvalitet som vandet i ISTA's naturlige afløb. Forholdet mellem tilstrømningen fra rene nedbørsområder og fra områder med gletsjerafstrømning vil være ca. 1:3.

ISTA reservoiret

Ved udbygning 2 kan vandstanden i ISTA reguleres ved sænkning indtil 45 m under udløbstærsklen. Under de nuværende naturlige forhold er den årlige vandstandsvariation ca. 5 m, men kan i ekstreme tilfælde dog være helt op til 20 m.

ISTA modtager periodevist store vandmængder fra isdæmmede søer, der ligger længere oppe langs gletsjeren med udmunding i ISTA. Den største af disse søer, Sø 710, tømmes med intervaller på 8-9 år (jøkelløb), se Figur 4.10.

Ved hver tømning tilføres ISTA i løbet af ganske få dage den vandmængde, der er opsamlet i Sø 710, hvilket vurderes at være i størrelsesorden 2.000 mio. m³.

Regulering af vandstanden i ISTA kan have visse effekter på søen som fx erosion af søens bredzone, ændringer i vegetationen omkring søen, øget sedimentindhold i søen, ændring af vandkvaliteten i søen samt ændringer i landskabet.

I denne sammenhæng skal det dog understreges, at ISTA modtager størstedelen af sit vand fra oplande som har tilløb fra gletsjere og den gletsjer, der udmunder direkte søen. Vandet i søen har derfor allerede et stort indhold af sedimenter i form af ler- og siltpartikler.

Buksefjorden

Buksefjorden får i dag tilført primært klart nedbørsvand, enten som direkte afstrømning fra det omliggende landskab eller som afløb fra det eksisterende vandkraftværk.

Ved udbygning 2 vil afløbet fra vandkraftværket øges væsentligt, og den forøgede vandmængde vil komme fra ISTA. Dette vil medføre, at indholdet af ferskvand og opslæmmede partikler vil stige i Buksefjorden.

5.2 Myndighedsbehandling

5.2.1 Vurdering af Virkninger på Miljøet (VVM)

VVM-anmeldelse

I henhold til *Selvstyrets bekendtgørelse nr. 5 af 27. marts 2013 om vurdering af visse anlægs virkninger på miljøet og betaling for miljøtilsyn* (VVM-bekendtgørelsen) skal der ved ændringer eller udvidelser af anlæg optaget på enten bekendtgørelsens bilag 1 eller bilag 2 indgives en anmeldelse til Naalakkersuisoq for Miljø – jf. bekendtgørelsens § 5, stk. 2 og stk. 3.

Det vurderes for nuværende, at den beskrevne udbygning 2 af vandkraftværket i Buksefjorden vil omfattes af punkt 3.b *Dæmninger og bassiner beregnet til vandkraftværker med en kapacitet*

på over 1 MW samt punkt 6.b Anlæg til fremstilling af hydroelektrisk energi (vandkraftprojekter) på mere end 1 MW i bekendtgørelsens bilag 2.

Udbygningen vil ligeledes være omfattet af punkt 11 i bilag 1: *Store dæmninger og bassiner og andre anlæg til opstuvning eller oplagring af vand, når den nye eller supplerende opstuede vandmængde overstiger 10 mio. m³, eller hvor vandarealet øges med 300 ha eller mere.*

Arbejdet med udarbejdelsen af VVM-anmeldelse for udbygning 2 af vandkraftværket i Buksefjorden er igangsat april 2020 og anmeldelsen forventes indsendt ultimo juni 2020.

På baggrund af anmeldelsen træffer Naalakkersuisoq for Miljø afgørelse om hvorvidt, der skal indgives en ansøgning om godkendelse af ændringen eller udvidelsen af anlægget.

Ansøgning om godkendelse og VVM-redegørelse

Ansøgningen om godkendelse skal indeholde en vurdering af anlæggets virkninger på miljøet (VVM-redegørelse).

Første skridt i udarbejdelsen af en VVM-redegørelse omfatter en detaljeret plan for indholdet i redegørelsen, herunder planer for undersøgelser af miljøforhold (Terms of Reference – ToR). Undersøgelserne kan omfatte både en gennemgang af tilgængelige rapporter o.l. vedrørende tidligere undersøgelser m.m. i området samt egentlige feltundersøgelser.

ToR skal godkendes af Naalakkersuisoq for Miljø, som kan stille krav om, at ToR skal i 6 ugers offentlig høring og at der under udarbejdelsen af redegørelsen skal afholdes borgermøder eller andre former for borgerinddragelse.

VVM-redegørelsen skal udover en vurdering af projektets miljømæssige konsekvenser også indeholde forslag til foranstaltninger til imødegåelse af eventuelle negative konsekvenser.

VVM-godkendelse

Når VVM-redegørelsen er indsendt til godkendelse hos Naalakkersuisoq for Miljø, sendes den indledningsvist i offentlig høring i minimum 8 uger, hvorefter der træffes afgørelse om, der kan gives godkendelse til projektet.

Den endelige godkendelse, der vil indeholde myndighedernes vilkår for både etablering, drift og nedlukning af anlægget, vil efterfølgende blive offentliggjort.

På tidspunktet for offentliggørelsen starten en 6 ugers klagefrist, der bl.a. betyder, at bygge- og anlægsarbejder ikke må påbegyndes for udløbet af denne frist.

I hele processen fra indsendelse af ToR og frem til den endelige godkendelse kan Naalakkersuisoq for Miljø stille krav om supplerende miljøundersøgelser.

Naturkonsekvensvurdering

Hvis det af Naalakkersuisoq for Miljø vurderes, at den påtænkte udbygning af vandkraftværket i Buksefjorden ikke omfattes af reglerne i VVM-bekendtgørelsen, kan bygherre blive mødt af et krav om udarbejdelse af en naturkonsekvensvurdering i henhold til *Landstingslov nr. 29 af 18. december 2003 om naturbeskyttelse*.

I naturkonsekvensvurdering skal der redegøres for de konsekvenser, som anlægget vil have for landskabet eller fjord- og havområdet samt naturen.

5.2.2 Ændringer i kommuneplan

ISTA, som ønskes anvendt som supplerende reservoir ved udbygningen af vandkraftværket ved Buksefjorden i Nuuk, samt den nye tilløbstunnel mellem ISTA og KANG er iht. Kommuneplan 2028 for Kommuneqarfik Sermersooq beliggende i delområde O2: ”Vildmark – Nerutusoq Avannarleg”.

Delområde O2 er kategoriseret som friholdt område, hvor der kun i meget begrænset omfang kan etableres fangst- og overlevelseshytter.

Det eksisterende vandkraftværk med tilhørende transmissionsledninger, tunneller o.l. er beliggende i delområde N1: ”Vandkraftanlæg i Kangerluarsunnguaq (Buksefjorden)”.

Delområde N1 er udlagt til store tekniske anlæg som vandkraftanlæg og vandsøer. N1 ligger indlemmet i delområde O2.

Der skal foretages en ændring af delområdegrensene for delområderne N1 og O2, så de hidtil uberørte arealer inden for delområde O2, der tages i anvendelse ved udvidelsen af vandkraftværket ved Buksefjorden indlemmes i delområde N1. Bygherre har indledt en dialog med Kommuneqarfik Sermersooq herom.

6 Teknisk udformning

6.1 Overføringstunnel

6.1.1 Generelt

Der sprænges en 16 km lang tunnel mellem ISTA og KANG, for at kunne overføre vand til udbygning 2. Tunnelen skal dimensioneres for en mulig fremtidig udbygning 3 med Kraftstation 3 ved KANG.

Tunnelen foreslås ikke fuldprofilboret, da det vurderes, at en sådan boremaskine ikke er et praktisk og økonomisk alternativ i betragtning af den vanskelige tilgængelighed af stedet for tunnelen.

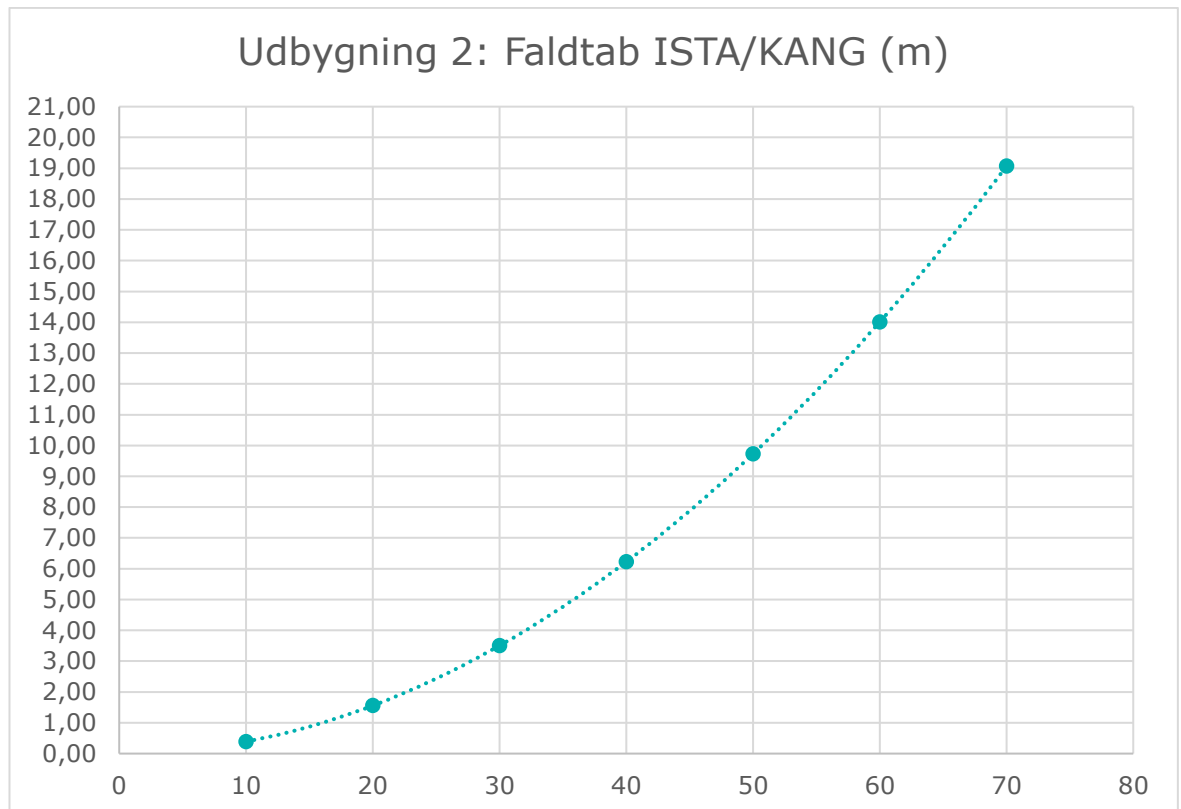
Tunnelen udføres ved traditionel sprængning og med et tværsnit på 45 m².

Overføringstunnelen bygges som en del af udbygning 2, men dimensioneres for udbygning 3. Dette medfører, at tunnelen får et større tværsnit end hvad der er nødvendigt for udbygning 2 alene. Udbygning 3 vil derudover ikke påvirke udformningen af overføringstunnelen.

Tabel 6-1 og Diagram 1 viser beregnet faldtab for den foreslåede tunnel frem til reguleringslukket ved varierende vandføringer.

10	20	30	40	50	60	70	Q (m ³ /s)
0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	v (m/s)
0,39	1,56	3,50	6,23	9,73	14,01	19,07	Hf (m)

Tabel 6-1 Beregnet faldtab ved varierende vandføringer.



Figur 6.1 Beregnet faldtab ISTA-KANG.

Med en lang tunnel vil ventilations- og transportudgifterne øges væsentligt i takt med at man arbejder sig ind.

Nærværende forslag er tidsmæssigt og økonomisk baseret på drivning fra to fronter, nemlig fra KANG mod ISTA og fra ISTA mod KANG. Overføringstunnelen vil være den tidsmæssige kritiske aktivitet.

I områder med god fjeldkvalitet antages det, at ca. 60 m tunnel kan sprænges om ugen pr. front.

Vedr. antal tunnelfronter, se Figur 6.2:

Alternativ 1: At etablere tunnelen fra en front, kun fra KANG.

Fordele:

- Hele tunnelen kan etableres op ad bakke og dermed blive selvdrænende.
- Adgangsvejen til tunnelmundingen vil være kortere.

Ulemper:

- Da den lange tunnel kun drives fra den ene ende vil ventilations- og transportudgifterne øges væsentligt i takt med at man arbejder sig ind -øges anlægsomkostningerne.
- Den totale byggetid for tunnelen bliver lang, formentlig knapt 5 år med to borehold og en hastighed på 60 m per uge.
- Risikoen er høj i tilfælde af problemer

Alternativ 2: At etablere en vej til ISTA, og her lave et tværslag fra kote +480 ned til overførings-tunnelen, dvs. tunnelen drives fra to fronter.

Fordele:

- Herved gives mulighed for at færdiggøre lukkeskakt og kammer
- Forberede udslaget under vand
- Sprænge nogle kilometer af tunnelen fra denne side.
- Dette vil kunne afkorte anlægsperioden til ca. 2,7 år.

Ulemper:

- En ny vej til ISTA medfører omkostninger. Imidlertid er dette sandsynligvis nødvendigt i betragtning af det nødvendige arbejde ved tunnelindløbet under anlægsarbejdet og i driftsfasen.
- Et ekstra, ca. 800 m lang, tværslagstunnel 1 skal sprænges.
- I tværslagstunnelen og i overføringstunnelen, i retning af KANG, finder tunneldrift ned ad bakke, hvilket gør dræning af vand og fjernelse af sten vanskeligere.

Alternativ 3: Etablering af et krydsslag et sted midt i tunnelstrækningen, og derfra etablere tunnelen fra en 3. front mod ISTA og en 4. front mod KANG.

Fordele:

- Anlægsperioden for tunnelen vil være kortere, ca. 1,5 år, når den kan etableres fra 4 fronter.

Ulemper:

- En ekstra tværslagstunnel 2 skal sprænges.
- Da terrænet er placeret i en relativt høj højde, er tværslagstunnelen ned til selve overføringstunnelen lang, ca. 2 km.
- I tværslagstunnelen og i overføringstunnelen, i retning af KANG, finder tunneldrift ned ad bakke, hvilket gør dræning af vand og fjernelse af sten vanskeligere.
- De samlede omkostninger kan være større, da en relativt lang tværgående tunnel skal sprænges.

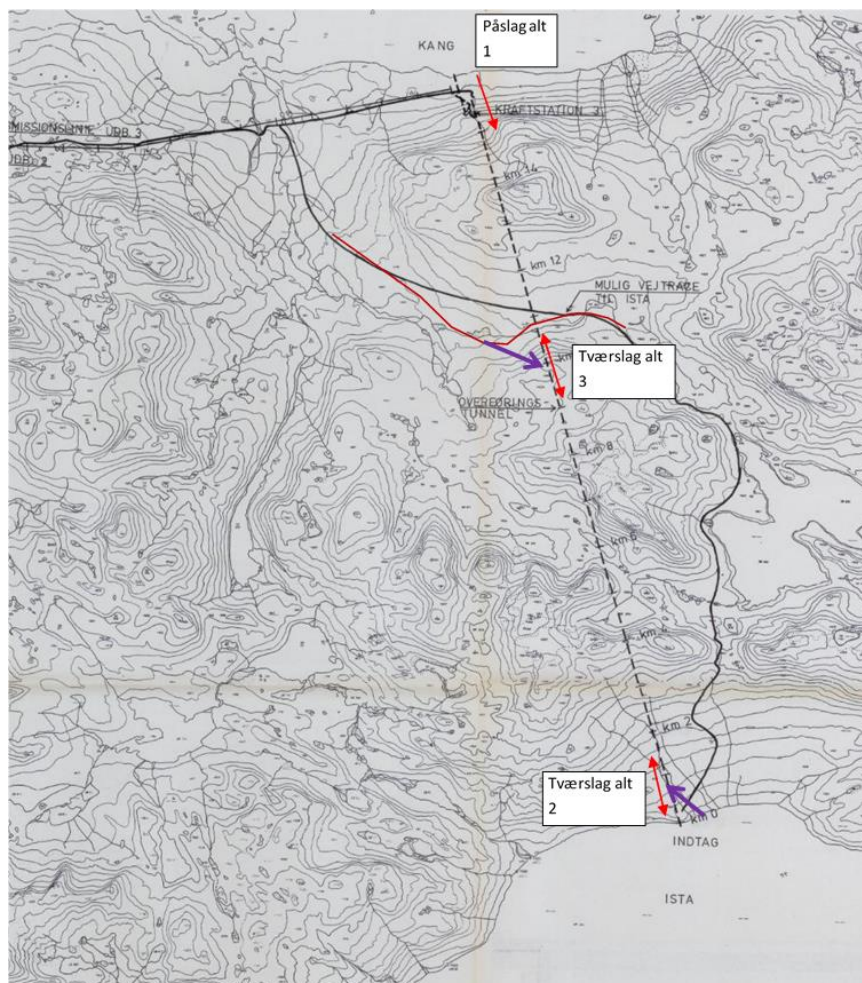
Beregning af tidsforbrug:

I alternativ 1, en front: $16000 \text{ m} / 60 \text{ m} / \text{ uge} = 5,1 \text{ år}$

I alternativ 2 to fronter: $16800 \text{ m} / 60/2 \text{ m} / \text{ uge} = 2,7 \text{ år}$

I alternativ 3 fire fronter: $18800 \text{ m} / 60/4 \text{ m} / \text{ uge} = 1,5 \text{ år}$

Nærværende forslag er tidsmæssigt og økonomisk baseret på alternativ 2 ovenfor, med etablering fra to fronter, nemlig fra KANG mod ISTA og fra ISTA mod KANG.



Figur 6.2 Alternativer til tunneldrivning.

Skinnedrift betyder ingen udstødning med bedre luft og mindre ventilationsbehov. Det tager ikke så meget bredde, hvilket gør passager med to køretøjer lettere. Metoden er imidlertid ikke så fleksibel, og bunden af tunnelen skal laves mere omhyggeligt til skinnen.

Hjulstræk med fjernelse af sprængsten med dumpere er mere fleksibel.

Det foreslås, at tunnelen etableres med hjulstræk og ikke skinnedrift.

Ved opsprækning i svaghedszoner kan den berørte tunnel i en længde af 50 til 100 m stabiliseres ved brug af fiberarmeret sprøjtebeton. Dersom den centrale del indeholder ler, kan dette bewirke, at zonen permanent må sikres med støbte betonstøtter.

Mellem svaghedszonerne er der stort set kun relativt moderat opsprækningsgrad i grundfjeldet langs de aktuelle tunneltracéer. Med gennemgående ru og bølgede sprækker forventes det således at opsprækningen kun har relativt lille indvirkning på stabilitetsforholdene i tunnelerne.

Det forventes imidlertid også, at der over en stor del af tunnellængderne kan der være så høje spændinger, at afskalning af bjerg og eventuelt sprakefjell kræver en vis sikring.

I overføringstunnelen, hvor fald af fjeldflager, der løsnes, næppe betyder noget under driften af anlægget, vil fjeldsprækker imidlertid kunne indvirke på stabiliteten i en sådan grad, at der skal

udføres en vis arbejdsikring. Sprøjtebeton og / eller bolte er hovedsageligt relevante i denne henseende.

Støbning af beton eller sprøjtebeton må ikke ske mod kolde overflader. Kolde overflader skal først opvarmes til ca. 5 grader.

Ved opvarmning af permafrosten fjeld kan frosset vand dog optø i klippen, hvorved fint materiale kan vaskes ud og vandlækagen øges.

Ved opvarmning af frosset fjeld øges behovet for sikringsarbejder.

I tilfælde af tunnelsektioner gennem permafrost kan vandet som overføres fra ISTA til KANG, ved et senere driftsstadium, delvist opvarme klippen tættest på tunnelen. Der er da en risiko for, at stenblokke falder ind i tunnelen. Derfor kan det være nødvendigt at forstærke tunnelen allerede i byggefasen med sprøjtebeton og bolte på disse dele.

Det foreslås at adgangstunnelen til reguleringslukket udføres så den i anlægsperioden fungerer som hovedadgangs- og transporttunnel. Når reguleringslukket er færdigmonteret, lukkes denne tunnel med en betonprop uden adgangsport.

6.1.2 Indtag ISTA

I ISTA etableres et indtag for at kunne tappe ISTA ned til kote +415. Der sprænges en indtagstunnel med udslag under vand i kote +405 i ISTA, se Figur 6.3 og Figur 6.4.

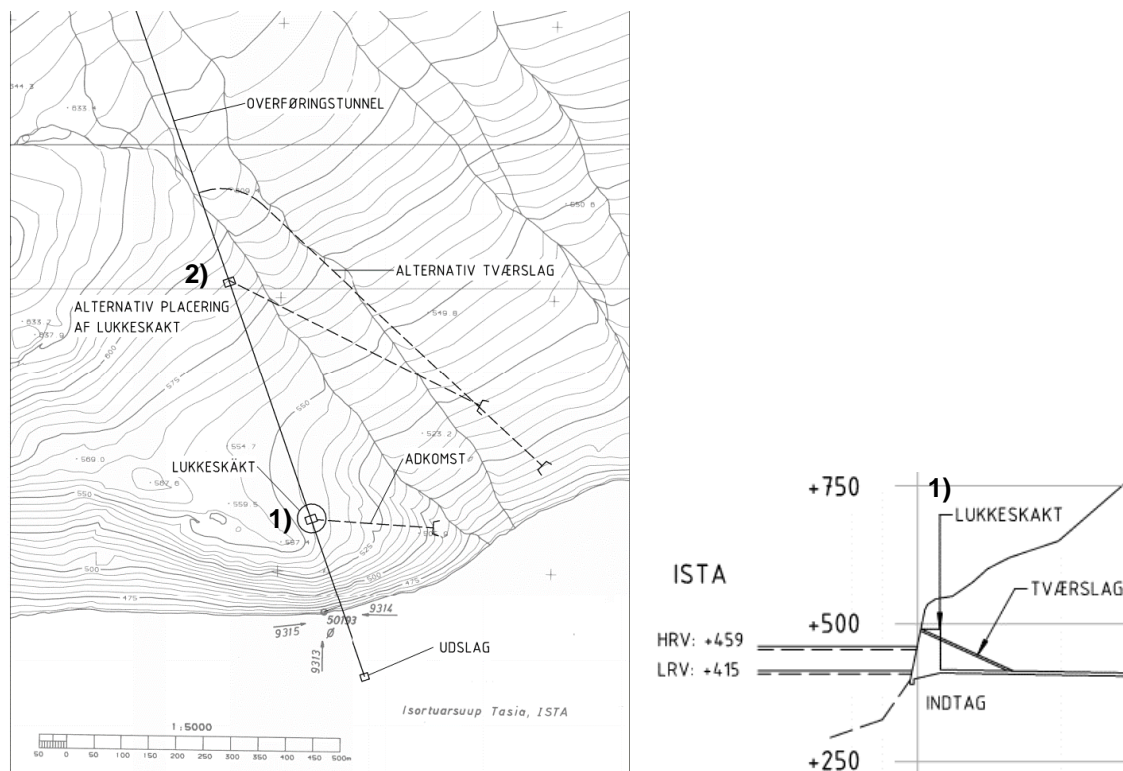
Indtaget vil være noget udsat for isfjelde i ISTA, og det er uklart hvordan isforholdene i søen vil blive efter en nedtapning. I den videre projektering skal det nærmere vurderes hvor stor faren er for at isfjeldene kan blokere indtaget. En løsning kan være at sprænge to udslag under vand for at have et i "reserve".

Fra udslaget føres vandet ca. 300 m ind til en lukkeskakt, ved 1) i Figur 6.3, der forsynes med et lukke som kan sættes ved behov for tømning af tunnelen. Til styring af lukket under optrækning til lukkekammeret, monteres en styreføring der går fra lukkekarmen og helt op til loftet i lukkekammeret til en kote på ca. +488.

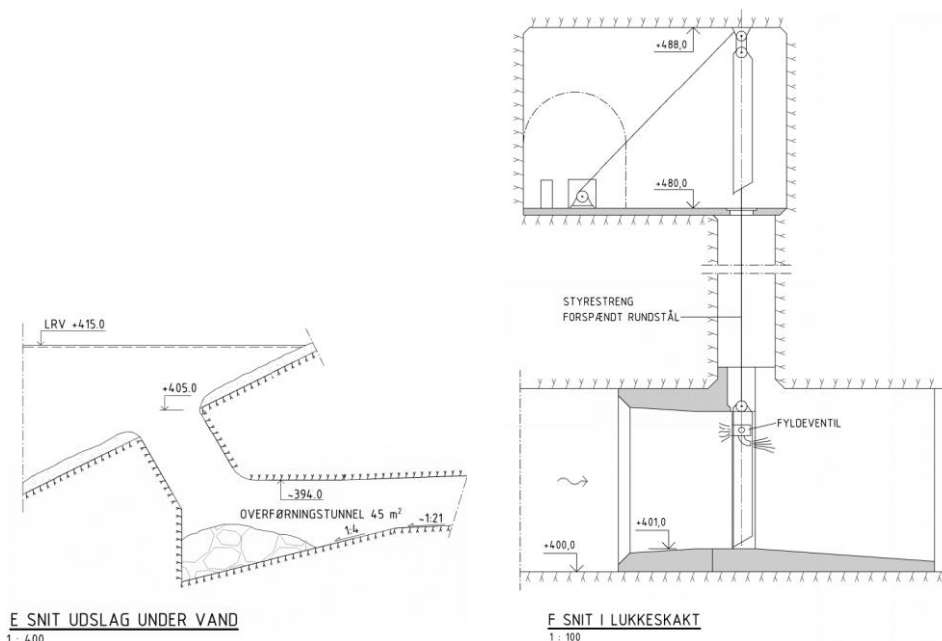
Det kunne være ønskeligt med opvarmning af lukke kammeret, men på grund af den afsides beliggenhed installeres der ikke varmforsyning. Ved besøg på stedet medbringes en transportabel generator til forsyning af belysning og til eventuel manøvrering af lukket.

Adgangen til lukkekammeret bliver gennem en ca. 220 m lang tunnel fra kote +478 ved ISTA.

Under den videre planlægning må det undersøges hvorvidt der er permafrost i fjeldet ved den foreslåede placering af lukket. Hvis dette er tilfældet, skal lukkeskakten trækkes længere ind i fjeldet, for eksempel ved 2) i Figur 6.3 således, at den vandfyldte del af skakten placeres i ikke frosset fjeld.



Figur 6.3 Indtag ved ISTA med lukkeskakt 1). Alternativ placering af lukkeskakt 2). Alt 2 tværslag ISTA (tegn 010 og 011).



E SNIT UDSLAG UNDER VAND
1: 400

F SNIT I LUKKESKAKT
1: 100

Figur 6.4 Indtag og lukkeskakt ved ISTA (tegn 010 og 011).

6.1.3 Udløb i KANG

Overføringstunnelen munder ud i kote +345 ca. 85 meter over normalvandstanden i KANG

Kote +345 betyder en kote på 70 m under LRV i ISTA og 114 m under HRV i ISTA, hvilket kan betyde et unødvendigt højt vandtryk i overføringstunnelen i betragtning af risikoen for nedfalden

sten, kollaps, vandlækage og friktionstab i tunnelen. Risikoforhold skal undersøges mere detaljeret på et senere tidspunkt.

Fra tunneludløbet vil vandet i løbe frit ned mod KANG. For at sikre at vandet løber den tiltænkte vej skal der til udløbet anlægges i en kanal sikret med beton.

Udløbet dykkes for at undgå frostproblemer med kold luft i tunnelen ind til reguleringslukket. Se Figur 6.5.

Tunnelens udløb ligger i permafrost. I tilfælde af langvarige afbrydelser i dræningen gennem overføringstunnelen er der risiko for, at vandmættede tag og vægge i tunnelen fryser, og sten kan kollapse i tunnelen. Udløbet skal beskyttes mod kold luft under langvarig nedlukning af tunnelen, se også figur 6.5

6.1.4 Regulering af overføringen fra ISTA

I overføringstunnelen, ved KANG, sprænges et kammer hvor der monteres 2 reguleringsventiler, se Figur 6.5. Lukkekammeret er lagt inde i fjeldet for at undgå permafrost, ca. 300 m fra udløbet.

Ved sprængning af tunnelen skal placeringen af lukkekammeret kontrolleres nærmere for at undgå permafrost.

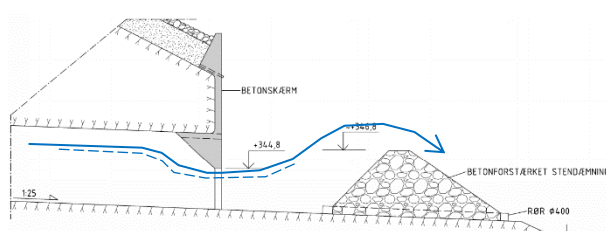
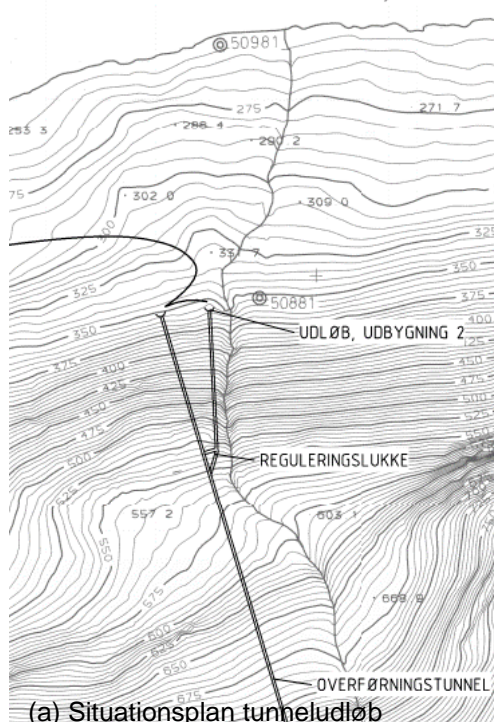
Reguleringslukkerne dimensioneres ud fra behovet for at retablere vandstanden i KANG, på det tidspunkt hvor overføringstunnelen er færdig. Den maksimale tappekapacitet er ca. 90 m³/s hhv. 65 m³/s ved HRV hhv. LRV i ISTA.

Dæmningen i KANG's østende er dimensioneret under visse forudsætninger om flomintensitet. Det skal enten eftervises, at den dimensionerende flom ikke overskrides, eller også skal det styngsmæssigt sikres at reguleringslukket lukker i en flomsituation hvor reservoiret i KANG samtidig er fyldt.

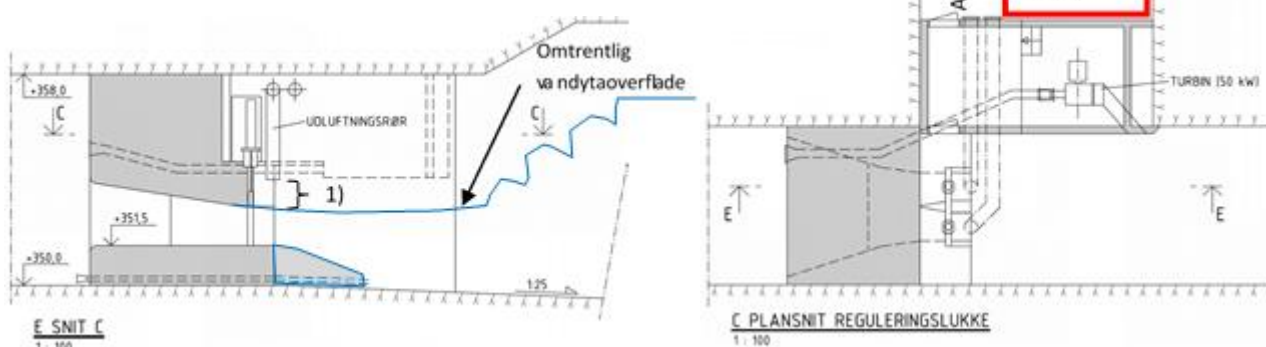
Adgangen i reguleringskammeret sker via en ca. 320 m lang adgangstunnel, med et minimumstværsnit på 32 m². Denne adgangstunnel skal senere, om nødvendigt, kunne udvides for at kunne benyttes som adgangstunnel til toppen af trykskakt/bunden af svingeskakten, ved udbygning med Kraftstation 3.

I adgangen til lukkekammeret foreslås det, at arrangere en isoleret kabine med muligheder for indkvartering, toilet, bruser og spisestue.

LUARSSÚNGÚP TASERSUA, KANG



Figur 6.5 Overføringstunnelens udløb i KANG (tegn 011).



Figur 6.6 Reguleringslukke, adgang og overnatningskabine (tegn 011). 1)= afstand til udluftningsrør.

For at sikre stabil drift af reguleringsarrangementet (kontrolleret energidræbning), er det vigtigt at der er god udluftning nedstrøms for reguleringslukket og varme i foldene, idet der må være et frit vandspejl i minimum ca. 80 m længde nedstrøms lukket. Endvidere skal der være rigelig tilgang af luft, og det foreslås derfor at der monteres et udluftningsrør umiddelbart nedstrøms for lukkerne. Den nedre ende af røret er placeret ca. 1 m over den øverste kant af lukkeåbningen for at undgå vandfyldning, se 1) i Figur 6.6 Reguleringslukke, adgang og overnatningskabine (tegn 011). 1)= afstand til udluftningsrør..

Gennem proppen ved reguleringslukkerne placeres et tapperør med ventil for tømning af den nedre del af tunnelen ved revision/inspektion. Der monteres også et indtagsrør for vandtilførsel

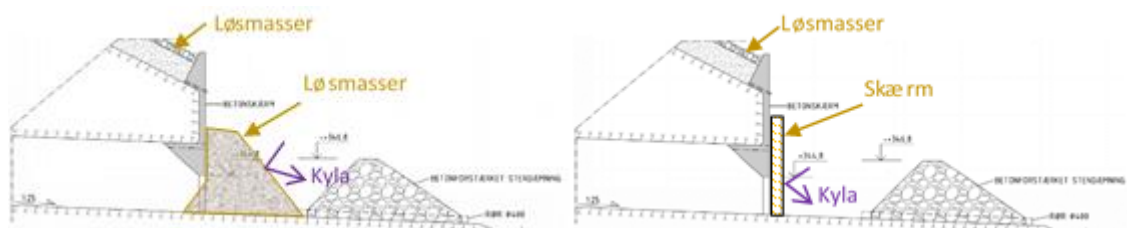
til en horisontal Pelton turbine, som skal have en ydelse, der sikrer, at den i alle tilfælde kan levere strøm til opvarmning af lukkekammeret, isoleret kabine, drift af det hydrauliske aggregat og fjernstyring. Røret skal dimensioneres således, at turbinen senere kan udskiftes med et 1-2 MW aggregat til fremstilling af anlægsstrøm til udbygning med Kraftstation 3.

Afløbstunnelen foreslås udført med dykket udløb, for at undgå frostproblemer ved normal drift. Dette sker ved at tunnelen anlægges med fald fra reguleringslukkerne, og at der bygges en tærskel ved udløbet. Gennem denne tærskel lægges et afløbsrør uden ventil, således at bassinet opstrøms langsomt tømmes ved langvarige afbrud i tapningen.

I tilfælde af langvarige afbrydelser i aftapning gennem overføringstunnelen er der risiko for, at vandmættede tag og vægge i tunnelen fryser, og sten kan kollapse i tunnelen.

For at forhindre, at kulde passerer gennem bjerget til tunnelen, når tunnelen er ude af drift, foreslås løsmasser med erosionsbeskyttelse på bjerget over tunnelen de sidste ca. 100 m, hvis den ikke allerede er der, se Figur 6.7.

Det er bedst, at en mulig nedlukning af tunnelen finder sted om sommeren, så kold luft ikke kan trænge ind i den luftfyldte tunnel. Hvis nedlukningen skal finde sted om vinteren, kan åbningen muligvis beskyttes mod kold luft, f.eks. med løsmasser eller med en varmeisolerende skærm.



Figur 6.7 Eksempler på metoder til beskyttelse mod påtrængende køling ved slukning af overføringstunnelen.

Der skal tages højde for risikoen for sne- og stensked ved konstruktion af adgangsveje, tunnelindgange og konstruktioner ved udgangen af overføringstunnelen i KANG.

6.2 Kraftstation 2

6.2.1 Falddtab og stabilitet

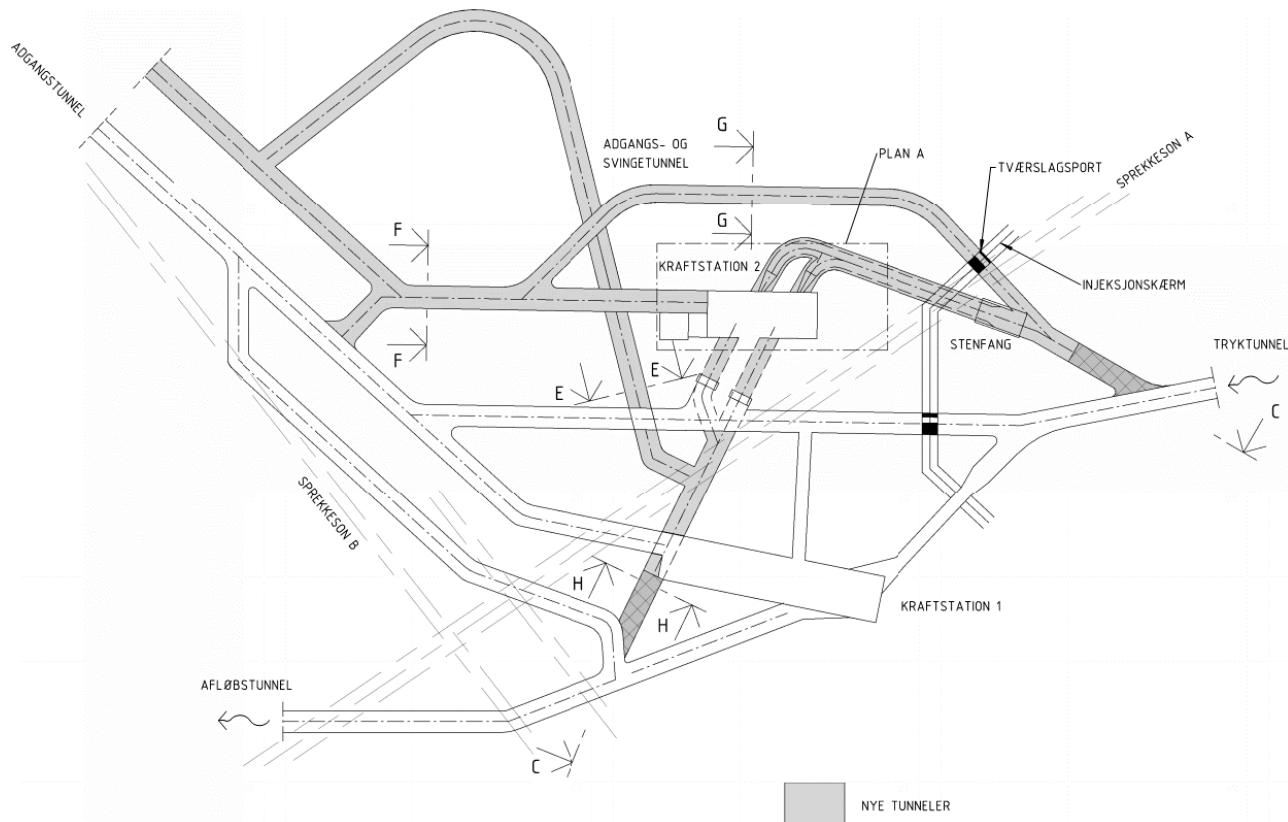
Den eksisterende vandvej mellem KANG og Kraftstation 1 ændres ubetydeligt under udbygning 2. Den nye kraftstation bygges ved, at der fra tilløbstunnelen sprænges en afgrening, der leder vandet ind mod Kraftstation 2. Der sprænges også et nyt stykke afløbstunnel.

Figur 6.8 viser en oversigt over foreslåede nye tunneler (grå farve) til Kraftstation 2.

Den maksimale ydelse på den nye turbine i Kraftstation 2 er fastlagt under hensyntagen til følgende:

- Rådighed værende vandmængde udnyttes mest muligt.
- Forbruget skal kunne fordeles jævnt over hele året

- Nødvendige ændringer i det eksisterende anlæg skal minimeres, så driften forstyrres mindst muligt mens kraftstation 2 etableres.



Figur 6.8 Oversigt nye tunneler. (tegning 021).

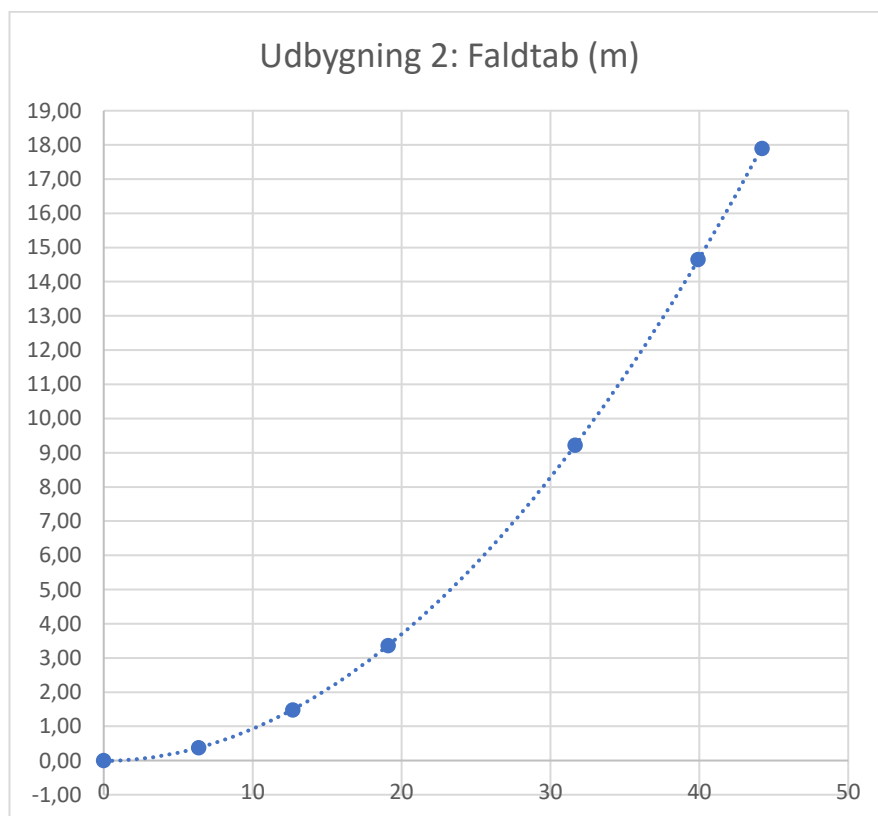
Af hensyn til fleksibilitet i afsætningen, havde det været ønskeligt at installere større effekt end de foreslåede 55 MW. Men beregninger af reguleringsstabilitet, trykstød samt op- og nedsving viser, at dette ikke kan imødekommes med mindre der foretages drastiske ændringer i det eksisterende anlæg. Disse ændringer vil både være meget fordyrende for udbygningen og vil betyde, at det eksisterende anlæg skal tages ud af drift i en længere periode. Endvidere er transmissionslinjens kapacitet også fuldt udnyttet ved den foreslåede installation.

Ved den endelige dimensionering af anlægget skal der foretages nye detaljerede stabilitets- og svingeberegninger, og ved en risikovurdering skal det fastlægges, hvor der er behov for at øge sikkerheden mod oversvømmelse af kraftstationerne.

Faldtab

Den eksisterende vandvej er ikke dimensioneret/optimeret for de vandmængder der forekommer i udbygning 2. Derfor vil faldtabet i tilløbstunnelen stige betragteligt i udbygning 2, som angivet i tabel og diagram på næste side:

Driftssituation	Vandføring Q (m ³ /s)	Hastighed, v (m/s)	Faldtab Eksisterende tunnel, hf (m)
Ingen produktion	0	0	0
Fuldlast på 1 af de eksisterende turbiner	6,37	0,2	0,4
Fuldlast på 2 af de eksisterende turbiner	12,7	0,5	1,5
Fuldlast på 3 af de eksisterende turbiner	19,1	0,7	3,4
Fuldlast på 3 af de eksisterende turbiner og en af de nye turbiner	31,65	1,1	9,2
Middelvandføring med udbygning2	39,9	1,4	14,7
Fuldlast på 3 af de eksisterende turbiner og to af de nye turbiner	44,2	1,6	17,9



Trykstigning

Det eksisterende anlæg er dimensioneret for trykstigninger foran turbinen svarende til 15% over det maksimale statistiske tryk.

For at undgå, at denne værdi overskrides væsentligt i udbygning 2, forsynes de nye turbiner med en omløbsventil der ved afslag fra fuldlast kan lede 85% af vandføringen udenom turbinerne. Trykstødberegningerne viser, at trykstigningen herved reduceres til maksimalt 18% over det maksimale statiske tryk. Uden omløbsventil er den tilsvarende trykstigning 37%.

For at tillade øget tryk foreslås følgende foranstaltninger:

- Langsommere lukketid med hurtigere åbningstid på omløbsventilerne
- Fysisk dimensionering skal håndteres, så trykstød overholdes (kontrol / mekanik).
- Konsultation mellem turbineproducenter og ventilproducenter, for at finde den optimale løsning og reducere statistiske tryk (samarbejde).

De aktuelle vandveje skal beregnes i CFD

Svingegrænser.

Virkningerne af den ovennævnte omløbsventil er også, at op- og nedsving i såvel den opstrøms svingeskakt som i den nedstrøms svingetunnel reduceres væsentligt. Samtidig tilrettelægges styringen af vandkraftanlægget således, at der altid efter et udfald foretages en kontrolleret opstart der tilpasses svingeforholdene.

Under ovennævnte forudsætninger er det maksimale opsving i tilløbstunnelens svingeskakt beregnet til kote +281, hvor svingeskaktens top ligger i kote +304. Uden ovennævnte tiltag ville der i værste fald i løbet af ca. 40 sekunder strømme 6-8.000 m³ ud af svingeskakten.

Ligeledes under ovennævnte forudsætninger elimineres opsvinget i undervandet således, at der ikke er behov for at foretage ombygninger af det eksisterende anlæg på sugerørssiden.

6.2.2 Vandturbine m.v. i udbygning 2

Nukissiorfiit har besluttet, at nærværende forslag skal behandle et forslag med to turbiner for sikre driftssikkerheden mest muligt.

Der opstilles to vertikal Francis turbiner, som ved et omløbstal på 600-750 o/min. yder 27,5 MW per turbine ved en effektiv faldhøjde på 240 m.

Turbinerne, der skal forsynes med et styreleje, kobles direkte til generatorerne via et svinghjul og en mellemaksel.

Turbinerne er udlagt for en turbine-midterlinje på -3,6 m. Turbinerne indstøbes i beton på en sådan måde, at alle dele er let tilgængelige for inspektion, justeringer og vedligeholdelse.

Materialerne i og omkring turbinen udføres og sammensættes således, at der ikke forekommer tæring og slitage fra sediment i vandet.

Turbinens spiralhus udføres med mandehul, tømmeledning og udtag for termodynamisk måling af virkningsgraden.

På turbinernes spiralhus monteres en omløbsventil (PRV) der tillader at 85 % af vandstrømmen ved fuld last kan ledes udenom turbinen ved udfald.

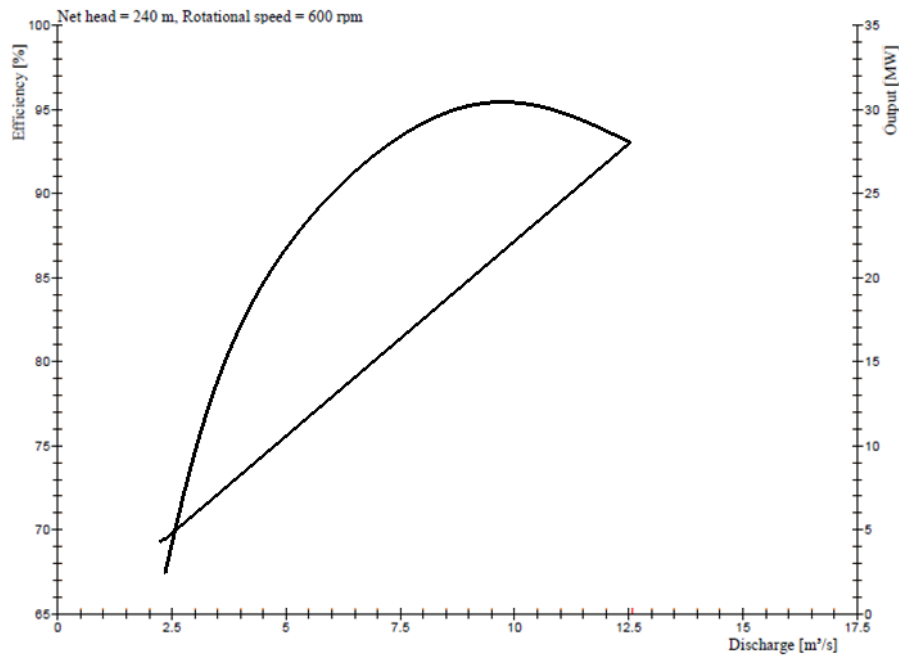
Turbinernes sugerør indstøbes i beton på en sådan måde, at der er adgang til røret gennem et mandehul. Det forsynes med måleudtag og alarm for salt vandsindstrængning.

Sugerøret forsynes med et lukke og anordninger for tømning og fyldning af røret og med måleudstyr for virkningsgradsmåling.

Turbineaggregatet forsynes med en elektrohydraulisk regulator, der regulerer frekvensen og sørger for lastfordelingen i forhold til andre parallelt kørende aggregater.

Er svingemassen i generatoren ikke tilstrækkelig for stabil parallelkørsel etableres supplerende svingemasse.

Figuren nedenfor beskriver foreløbig effektivitet af hver turbine.



Hovedventil

Der monteres en kugleventil foran hver vandturbine. Ventilen forsynes med omløbsarrangement for trykudligning og udføres med revisionstætning/revisionsventil således, at ventilen kan efterses og revideres med fuldt vandtryk på revisionstætningen/revisionsventilen.

Mellem hovedventilen og turbinen etableres adgang til hovedventilen.

Kølevandssystem

Der etableres et højtliggende kølevandsbassin i kraftstationen, hvorfra turbinerne, generatorne- og transformerkøling m.v. forsynes.

Returvand fra kølesystemet ledes i turbinernes udløb.

Læsesystem

Turbinerne og hovedventilerne indrettes således, at tunnelsystemet kan tømmes igennem turbinerne.

Lækagevand i kraftstationen ledes til en pumpeump, hvorfra det pumpes til afløbstunnelen.

6.2.3 Generator m.v.

Generatorerne skal udføres som eksternt magnetiserede, vertikale 3 fasede synkrongeneratorer med lukket omløbskøling og overvågning af vibrationer, temperaturer i viklinger, lejer og kølevand og køleluft.

Alle lejer skal være tryksmurte.

Generatorerne skal forsynes med indbyggede elektriske varmelegemer til imødegåelse af kondensdannelse under stilstand.

Spændingsregulering skal være af den statiske type og sammenbygget med magnetiseringsudrustningen.

6.2.4 Elektriske anlæg m.v.

Generelt

Kraftstation 2 skal opbygges tidssvarende i komponentvalg og opbygning.

Den elektriske opbygning af Kraftstation 2 og forbindelserne til Kraftstation 1 fremgår af bilag 61: Hovedstrømsskema.

Kraftstation 2 skal opbygges efter samme principper som Kraftstation 1 og på en sådan måde, at den overordnede styring og overvågning af stationen kan ske fra de samme anlæg og lokalteter som for Kraftstation 1, idet disse anlæg skal udvides og tilpasses i nødvendigt omfang.

Mellemspændingsanlæg

Der skal, for hvert turbineaggregat, opstilles et mellemspændingsanlæg (10 kV) hver med et enkelt felt med effektafbryder og adskiller (afbrydervogn) for tilkobling af en lokaltransformer til hver generator.

Hvert felt skal forsynes med jordslutter og måletransformere for måling og relæbeskyttelse af transformeren.

Lokaltransformer

Sammen med hvert 10 kV felt skal der opstilles en 10/0,4 kV transformer med en mærkeeffekt på 400 kVA, viklingskobling mellem 10 og 11 kV, og temperaturovervågning.

132 kV maskintransformerne

Til optransformering af generatorspændingen på 10,5 kV til transmissionsspændingen på 139 kV skal der, for hver generator og i separate rum, opstilles 132/10 kV maskintransformere med en samlet mærkeeffekt svarende til den samlede generatoreffekt på 70.600 kVA.

Transformere skal udføres, således at DEFU rekommandation nr. 2 overholdes med de undtagelser, der måtte følge af nedenstående.

Transformere skal udføres som oliefyldte transformere med ekstern vandkøling (OFWF).

Transformere skal opstilles over en oliesump, der er i stand til at opsamle al transformerolien i tilfælde af eventuelle lækager på transformeren.

132 kV fordelingsanlæg

I et separat rum i kraftstationen skal der opstilles et 132 kV kapslet fordelingsanlæg med felter for tilslutning af maskintransformere og en kabelforbindelse til 132 kV fordelingsanlægget i Kraftstation 1.

Rummet skal indrettes således, at 132 kV anlægget senere kan udvides i fald Udbygning 3 etableres.

132 kV anlægget skal udføres som et fuldkapslet 145 kV Vakuum- eller CO₂ - isoleret anlæg med dobbelt samleskinne, afbrydere, adskillere og jordsluttere som vist på tegning nr. 61: Hovedstrømsskema, udbygning 2.

De 2 kraftstationer kobles sammen via en 132 kV kabelforbindelse.

For afslutning i den eksisterende Kraftstation 1 skal der etableres et nyt 132 kV vakuum- eller CO₂-isoleret anlæg med felter for et af de eksisterende turbineaggregater og 132 kV kabelforbindelser til det eksisterende 132 kV anlæg i kraftstation 1 og det nye 132 kV anlæg i kraftstation 2. Det forventes at tilslutningen af aggregat 1 i Kraftstationen flyttes til det nye 132 kV anlæg, således der gives plads til kabelforbindelsen imellem de to 132 kV anlæg i stationen.

Højspændingskabler/højspændingsforbindelser

Mellemspændingsforbindelserne mellem generatorer og maskintransformere skal enten udføres med egnede kabler eller som helkapslede skinneforbindelser med et isolationsniveau på mindst 12 kV.

Hvor der benyttes en skinneløsning, skal skinnerne oplægges på bæringer i et beskyttet trace.

132 kV højspændingsforbindelser skal udføres med enleder PEX-Al kabel i dimensionen 300 mm².

Kablerne skal oplægges i kabelstiger, borede huller og kabelgrave i traceer således, at de er beskyttede mod overlast.

10 kV mellemspændingskablet mellem generator og lokaltransformer udføres med 3-leder PEX-Al kabel, der oplægges i kabelstiger.

Jordingsanlæg

Der skal etableres systemer for beskyttelsesjording, driftsmæssig jordforbindelse og jording af elektronik efter bestemmelserne i den grønlandske stærkstrømbekendtgørelse og de grønlandske installationsbestemmelser (lavspændingsinstallationer).

Lavspændingsanlæg

Der skal etableres et lavspændingshovedfordelingsanlæg (3x400V) i Kraftstationen.

Hovedfordelingsanlægget skal forsynes via maksimalafbrydere fra lokaltransformere, en afgang for en kabelforbindelse til lavspændingshovedfordelingsanlægget i Kraftstation 2 og afgange til undertavler Kraftstation 2.

Alle tavler skal udføres med mulighed for såvel lokalstyring som styring fra fjernkontrolanlægget.

Der skal ikke etableres et separat nødforsyningsanlæg for Kraftstation 2, idet det forventes, at det eksisterende nøddieselaggregat, som er opstillet i portalbygningen, også kan forsyne Kraftstation 2 via lavspændingskablet mellem de to kraftstationer.

Lavspændings- og svagstrømsinstallationer

Der skal udføres lysinstallationer overalt i kraftstationen med et belysningsniveau i henhold til DS 700.

Der anvendes overalt armaturer med energieffektive lyskilder, der tillige fungerer ved lave temperaturer.

Overalt i stationshal etableres der reserve-, nød- og panikbelysning.

Der skal etableres kraftinstallationer efter de grønlandske bestemmelser for lavspændingsinstallationer.

Opvarmning etableres som elvarmeinstallationer.

Den eksisterende telefoncentral skal udskiftes/udvides således, at der kan opstilles et antal telefonapparater i Kraftstation 2.

Telefonanlægget skal ligeledes kunne fungere som lokalt samtaleanlæg.

Ventilkaverne ved udløb til KANG

Til forsyning af reguleringslukket ved udløbet i KANG skal der etableres en mindre lavspændingsgenerator (3x400/230 V) trukket af en vandturbine.

Der skal endvidere etableres et mindre dieselgeneratoranlæg (3x400/230 V).

Dieselgeneratoranlægget skal have en ydelse svarende til vandturbinegeneratorydelsen

Til forsyning af fjernkontrolanlæg m.v. skal der etableres et batterianlæg med tilhørende lader.

Batterikapaciteten skal være tilstrækkelig til forsyning af de tilsluttede installationer ved normalforbrug i mere end 24 timer.

Generatorer, lys, kraft – herunder ventilhydraulik, elradiatorer og batterianlæg i ventilkavernen skal tilsluttes en lavspændingstavle, som skal opstilles et egnet sted i kavernen.

Der skal i kavernens lavspændingstavle etableres en fjernkontrol, der autonomt kan styre og regulere installationerne i kavernen ud fra simple kommandoer, der skal kunne overføres digitalt og lejlighedsvist (når der er behov for det) pr. radiosignal f.eks. ved satellitkommunikation.

Udstyret skal tillige på samme vis ved hjælp af simple signaler kunne alarmere eller tilkalde personale ud fra hændelser i den normale drift af anlæggene, som kræver en aktiv indsats på stedet.

Kommunikationsudstyr og abonnementer forventes at kunne erhverves hos TELEPOST.

Der skal etableres jordingsanlæg efter de grønlandske bestemmelser.

Manøvre- og kontrolanlæg

Automatik og lokalstyringsudstyr for installationerne i Kraftstation 2 skal placeres i den nye kraftstation.

Relæ- og manøvretavler skal placeres i kontrolrummet i Kraftstation 1, idet de eksisterende tavler udvides med tavler i samme dimensioner og farver som de eksisterende tavler.

Der skal anvendes styringsprincipper som i de eksisterende anlæg i Kraftstation 1, og det skal tilstræbes at anvende samme type udstyr og materiel.

Relæbeskyttelsen skal udføres med moderne relæer i et omfang svarende til relæbeskyttelsen for de eksisterende aggregater i Kraftstation 1.

Manøvretavlen skal udvides med felter for de nye turbineaggregater og for de nye 132 kV forbindelser.

Til forsyning af manøvre- og kontrolanlæg skal der etableres 110V og 48V batterianlæg med tilhørende lader. Anlægsdele skal være separat sikrede.

Brandmelde- og brandslukningsanlæg

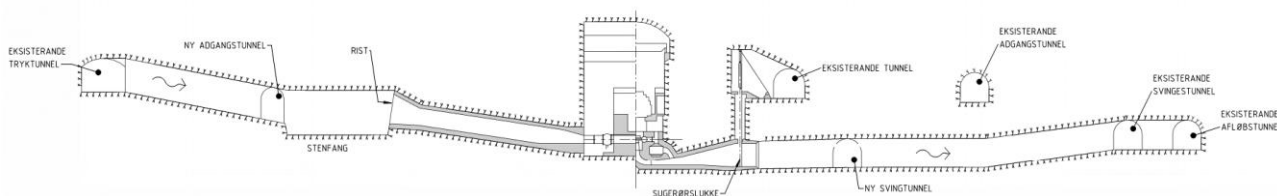
Kraftstationen skal udformes således, at spredning af brand minimeres.

Kraftstation 2 skal brandsikres iht. Nukiissiorfiits bestemmelser for brandsikring af hovedelværker.

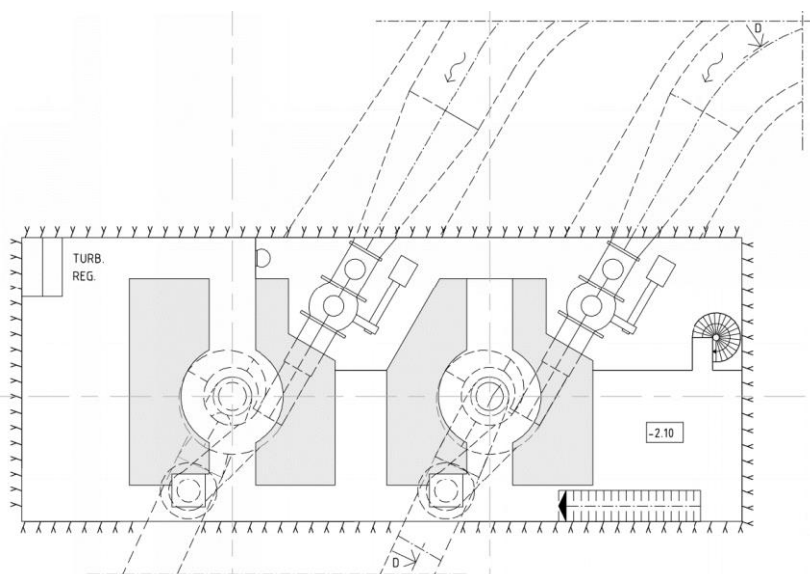
6.2.5 Bygge- og anlægsarbejder

Generelt

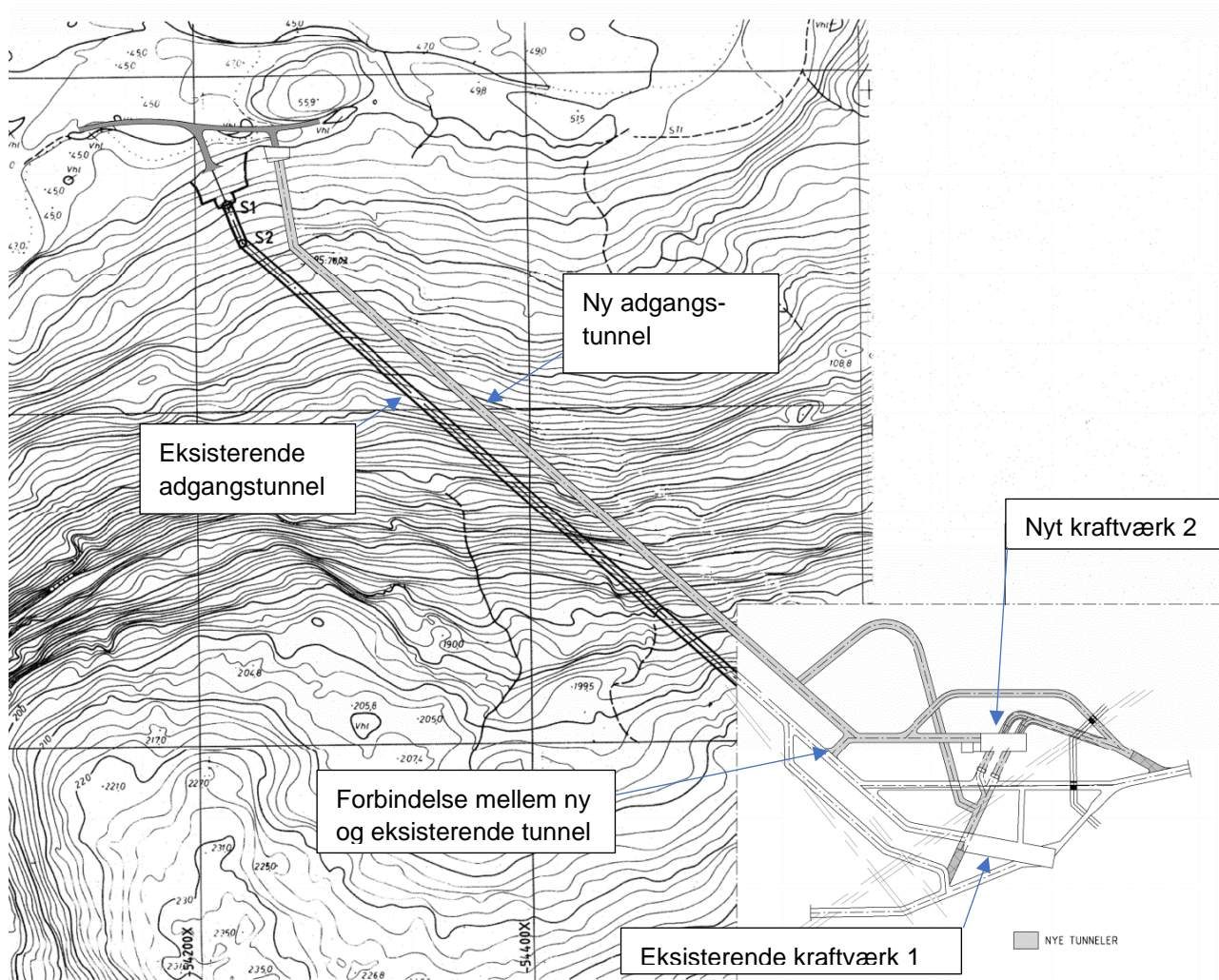
Figur 6.9, Figur 6.10 og Figur 6.11 Situationsplan eksisterende kraftstation 1 og ny kraftstation 2 (tegn 020). viser forslag til en ny kraftstation 2, med to aggregat, 2x27,5 MW.



Figur 6.9 Længdesnit. Kraftstation 2, udbygning2 (tegning 021).



Figur 6.10 Plan turbinegulv (tegning 021).



Figur 6.11 Situationsplan eksisterende kraftstation 1 og ny kraftstation 2 (tegn 020).

Anlægsarbejderne planlægges således, at det får mindst mulig indvirkning på driften af det eksisterende anlæg.

En ny adgangstunnel med de samme dimensioner som den eksisterende adgangstunnel sprænges parallelt med den eksisterende adgangstunnel, se Figur 6.11. Dette for at mindske forstyrrelser i driften af den eksisterende kraftstation 1.

Under bygningen af Kraftstation 2 anvendes denne nye adgangstunnel som transportvej.

Den nye tunnel kan senere bruges som flugtvej. Den kan også bruges som en alternativ kabelvej fra station 2.

Driften af Kraftstation 1 kan i stor udstrækning foregå uhindret, men en kort driftstop vil forekomme over 3-4 uger, i forbindelse med udsprængning af proppen mod tilløbet, ca. 35 m lang, og proppen mod afløbet, ca. 20 m.

Ved udsprængning af proppen på afløbssiden kan udlastningen ske gennem såvel den eksisterende som den nye svingetunnel. På tilløbssiden sprænges en adgangstunnelen frem til det nye stenfang, således at sprængningsarbejder, rørmonter og indstøbning kan foregå uden gene

for arbejderne i kraftstationen. Adgangstunnelen lukkes med en betonprop hvori der monteres en port med større tværsnit end den eksisterende. Herved reduceres drift stoppets varighed.

Anlægsarbejderne starter med udsprængning af den 530 meter lange adgangstunnel ind til kraftstationen. Derefter sprænges hvælvet i kraftstationen, før en palboring af den resterende kraftstationshal kan påbegyndes. Så snart tunnelarbejderne til kraftstationen er færdige påbegyndes sprængningen af adgangstunnelen, frem til tilløbet og tilløbstunnel med stenfang.

Dernæst sprænges svingetunnelen på ca. 170 m og med et tværsnit på 35 m² og et fald på 1:8. Fra samløbet med afløbstunnelen sprænges der ind mod sugerøret og kraftstationen.

I Kraftstationen anvendes et minimum af beton. Ligesom i Kraftstation 1, skal der i alle rum, hvor det er acceptabelt, være blotlagte fjeldoverflader. Disse skal rengøres grundigt og overfladen behandles således, at der ikke opstår støvproblemer under driften.

Hvor der er risiko for nedfalden sten skal dette stabiliseres ved brug af fiberarmeret sprøjtebeton.

En markeret sprækkezone med retning NØ-SV skærer gennem anlægget, kaldet zone A på Figur 4.1. Denne zone vil skære tilløbstunnelen til det planlagte anlæg lige ovenfor konus. Større zoner med retning NV-SØ synes ikke at ville skære det planlagte anlæg.

Bjergkvaliteten i kraftstation og tunneler er generelt god med Q-værdier fortrinsvist på 25-150 dvs. stabilitetssikring er ikke nødvendig. Langs de største sprækkezoner er bjergkvaliteten dårligere (Q= 3-7,5), som nødvendiggør tunnelsikring med bolte og fiberarmeret sprøjtebeton.

Det kan ikke udelukkes, at der i områder, f.eks. når man krydser et eksisterende anlæg i et område med ringere kvalitet af fjeld at det være nødvendigt med støbt beton.

Sprækkezone A, som skærer adgangen til tilløbet ved St. 80-100, vil skære tilløbstunnelen til det nye anlæg lige ovenfor konus. Dette kan være uheldigt og kan være en potentiel lækagevej fra den nye tryktunnel. Det forventes imidlertid at en injektionsskærm kan forhindre sådanne lækager.

Vandveje

Kraftstation 2 bygges parallelt med den eksisterende Kraftstation 1. De nye vandveje er ca. 245 m lang. Der tilsluttes til den eksisterende vandvej med en 28 m², ca. 40 m lang tilløbstunnel, en 85 m lang trykskakt indstøbt i beton og endelig en ca. 120 m lang afløbstunnel.

På konus opstrøms for trykskakten monteres en rist som sikring mod at sten. Opstrøms for risten udføres en stenfang ved at sænke tunnelens bund med 2 m.

Kraftstation 2

Se bilag nr. 020 og 021.

Kraftstationsløsningen er baseret på så let adgang som muligt til de enkelte rum og samtidig kortest mulige føringsveje for kabler og rør. Til servicenum, værksted, garderobe, spiserum o.l. anvendes faciliteterne i den eksisterende portalbygning.

I turbinekælderen er der afsat plads til demontering af sugerørskonius således, at løbehjulet kan demonteres uden at generatoren løftes.

Konus og løbehjul trækkes i opstrøms retning og kan nås herfra direkte med maskinsalskranen.

Hydraulikaggregater til ventilstyringen placeres tæt ved ventilfundamentet.

Udstyret kan ved hjælp af maskinsalskranen hejses ned på gulvet via hejseskakten. Fra turbinegulvet er der via stige adgang ned til pumpeumpen. I taget over pumpeumpen placeres en elektrisk talje til løft af pumper m.v.

På generatordækket er der ud over generatoren, placeret batterirum, stationsforsyning og hovedfordelingsanlæg. Generatorforbindelserne føres langs fjeldvæggen, frem til transformerrummet.

Udenfor maskinsalen er 132 kV rummet som er forberedt for de kabler, der er planlagt til at komme fra Kraftstation 3 ved KANG. På etagen over 132 kV rummet er der mulighed for at placere ventilationsudstyr.

I maskinsalsdækket er der en udsparring samt hejseskakt til de underliggende etager.

Alle dele transporteres ind i kraftværket gennem den nye adgangstunnel

Hovedtransformatorerne skal transporteres helt ind i maskinsalen og her aflæsses ved hjælp af maskinsalskranen. Gennem et bjælkelukke skal de derefter trækkes ind i transformerrummene udenfor maskinsalen.

Kraftværker på Grønland skal brandsektioneres efter "Tekniske forskrifter for Grønlandske el-værker". Kraftstation 2 er projekteret med vægge i in-situ beton således, at brandsektioneringen hovedsageligt knytter sig til kabel og ventilationsgennemføringer i vægge. Alle el-rum på generatordækket bygges som separate brandceller, med brandbeskyttelse i alle væggennemføringer. Transformer cellen og 132 kV rummet vil blive udført på samme måde. Alle døre i kraftstationen skal være af stål og opfylde gældende krav om brandsektionering. Rømningsrum skal være gastætte og alle kabler og rørgennemføringer udføres under hensyntagen hertil.

Vandforsyningen til kraftstationen udtages gennem reduktionsventil fra tryktunnelen. Der er placeret toilet og rengøringsrum i tilknytning til rømningsrummet.

Det eksisterende ventilationsanlæg har kapacitet til at kunne dække luftbehovet i den nye Kraftstation 2, men der foreslås en ombygning til et mere enkelt system. En ny fremførings- og returkanal tilkobles den eksisterende luftkanal, og luftmængden til de enkelte zoner indreguleres på ny.

I portalbygningen erstattes de eksisterende ventilatorer med en ny hovedventilator, som blæser forvarmet luft ind i kraftstationen gennem et fordelingsnet frem til de enkelte rum og etager. Aftræksluften presses ud igennem adgangstunnelen, og varmen fra kraftstationen er med til at varme adgangstunnelen op. Ved en eventuel brand i stationen, skal det sikres at luftstrømmen vendes.

Sugerørslukker

De to sugerørslukker placeres i en niche til den eksisterende adgang til tilløbstunnelen. Efter som det højeste opsving i undervandet er langt over kote +2,5, som er sugerørskammerets naturlige gulvniveau, kan to sugerørslukker med åben skakt ikke monteres på traditionel måde. Lukkeskakten afsluttes på toppen med et tætsluttende låg i kote ca. +3,5. For at sætte

sugerørslukker er det nødvendigt at åbne låget over skakten. Dette skal udføres ved en vandstand, der er så lav at en eventuel afslagsbølge ikke skyller ind i tunnelen. Lukker er konstrueret med nedstrøms tætning, så svingninger i undervandet ikke skyller op i skakten.

Lukker manøvreres med to traditionelle elektrisk drevne wirespil.

Maskinsalskran

Der installeres en traverskran med en kapacitet på 100 t på hovedkrogen, og 10 t på sekundærkrogen. Kranen dækker hele maskinsalen. Krandragerne boltes fast til fjeldet på en fjeldhylde i Kraftstationen når der er udsprængt. Kranen er hermed klar til brug når montage- og betonarbejder i kraftstationen starter.

6.3 Transmissionslinjer

6.3.1 Generelt

I Udbygning 2 vil den eksisterende transmissionslinje kunne overføre hele den producerede energi til Nuuk by, uden urimelige energi-, effekt- og spændingstab.

Den eksisterende 132 kV transmissionslinje er opbygget og dimensioneret for samtidig is- og vindlast som angivet på oversigtsprofilen, bilag 50.

Endvidere fremgår ledertyperne (fasetove og jordledere) af bilag 50.

Det store fjordspænd er i rent stål.

Den eksisterende transmissionslinje er udlagt for en maksimal ledertemperatur på 50 °C.

Transmissionslinjens effekttab på ca. 2.900 kW (knap 3 %) ved overføring af ca. 100 MW til Nuuk by forventes ikke at bevirke højere ledertemperaturen end disse 50 °C, selv i sommerperioder.

Spændingstab ved et effekttab på ca. 2.900 kW bliver ca. 4 kV (knap 2,9 %), hvilket gør det nødvendigt at hæve spændingen på samleskinnerne i Buksefjorden til 139 kV, hvis spændingen på tilgangen af 132 kV transformerne efter Udbygning 2 bibeholdes på nuværende niveau.

6.3.2 Linjeføring

Udbygning 2 benytter den eksisterende transmissionsledning fra Buksefjorden til Nuuk, hvor der i Qinnqorput (QIN) er indsløjftet en 132/60/10 kV station, som forventes idriftsat i sommeren 2020.

Linjen fortsætter, som oprindeligt, til Nordhavnsværket (NHV), hvor der i 2010 blev etableret en 132/60/10 kV station.

Transformere og koblingsanlæg på de 2 stationer er ens og er forbundet på alle 3 spændingsniveauer (132, 60 og 10 kV).

6.4 Transformerstationer i Nuuk

De 2 eksisterende 132kV transformerstationer kan hver især kan overføre 50 MVA til 60 og 10 kV nettene i Nuuk by, eller i alt 100 MW pga. af Cos φ.

6.5 Styring og fjernkontrol

6.5.1 Generelt

Det eksisterende SCADA-anlæg bygger på anvendelse af ABB Compass.

Systemet er under udvidelse (2020) i forbindelse med etableringen af QIN 132/60/10 kV stationen.

Anvendelse af ABB Compass fortsætter med udbygning 2.

Kommunikation mellem driftscentralen i Nuuk og installationerne i Buksefjorden sker i dag via lederne i transmissionslinjen (såkaldt Power Line Communication – også kaldet PLC).

Den etablerede PLC har visse uhensigtsmæssigheder, og 132 kV stationen i QIN er således overluset i transmissionslinjetraceet ved indsløjfningen af stationen (på mast nr. 189).

Men der ud over ønskes systemet bibeholdt og benyttet ved kommunikation med det nye udstyr i udbygning 2. Problemet omkring kommunikation gennem QIN søges af Nukissiorfiit løst med idriftsættelsen af de nye stationsanlæg i 2020.

Da der ikke er mulighed for PLC med lukkekavernen i overløbstunnelsen, må der hertil anvendes trådløs kommunikation.

Ved udbygning 2 skal det eksisterende SCADA udvides med styring og fjernkontrol omfattende de nye installationer i Kraftstation 2 i Buksefjorden og overløbstunnelens ventilkaverne.

Den nuværende styringsfilosofi skal fortsættes og skal udbygges efter følgende hovedretningslinjer:

- det udbyggede anlæg skal kunne drives ubemandet
- styring og fjernkontrol af gamle og nye anlægsdele skal kunne foretages på ensartet vis fra de samme operatørarbejdspladser i driftscentralen i Nuuk
- ny kraftstation skal tilbyde lokal styring, regulering og overvågning
- lokal styring af anlægsdele skal kunne foretages ved betjeningstavler i el-rum, mens lokal styring af en kraftstation som helhed inkl. tilhørende indtagsslukke skal kunne foretages ved skærmbetjening i kraftstationen og i portalbygningen
- ingen kraftstationer forsynes med faciliteter for fjernstyring af andre kraftstationer.

Den logiske struktur for styring og fjernkontrol er skitseret i bilag 63, "Styring og fjernkontrol, Logisk struktur, udbygning 2"

Regulering af turbineaggregaterne efter at udbygning 2 er etableret, foretages efter følgende principper:

- hvert enkelt aggregat skal være forsynet med lokale spændings- og frekvensregulatorer, der skal foretage regulering ud fra set punkter via kommandoer om spænding op/ned hhv. frekvens op/ned. Set punkter skal kunne indstilles fra SCADA-systemet
- SCADA-systemet i kraftstationen skal, for hvert enkelt turbineaggregat, kunne udføre følgende regulering:
 - o det skal være muligt at lade alle turbineaggregater i en kraftstation køre med en fast last
 - o det skal være muligt at lade alle turbineaggregater følge variationen i forbruget (belastningen) i Nuuk

- det skal være muligt at køre med en vilkårlig kombination af fast last og varierende last.

Strategien for lastfordelingen skal fortsat kunne lægges fra SCADA-systemet i driftscentralen i Nuuk.

For at undgå svingninger ved flere, parallelle systemer, der samtidigt forsøger at tilpasse spændings- og effektproduktion til belastningssituation, bør der kun foretages regulering efter belastningsvariationerne et sted i det samlede system. Dette sted kan være Kraftstation 1 hhv. 2 der regulerer produktionen, så den svarer til det øjeblikkelige behov.

6.5.2 Driftscentralen i Nuuk

I udbygning 2 skal hovedstationen forsynes med yderligere procesbilleder og rapporter, og databasen skal udvides med signaler for de nye anlæg:

- Kraftstation 2
- tappeventiler i ventilkaverne i overføringstunnelen fra ISTA

Hovedstationsudstyr skal i det omfang, dette er hensigtsmæssigt, udskiftes til nyt og væsentligt hurtigere hhv. kraftigere udstyr i samme fabrikat og type, som det eksisterende udstyr.

Dette gælder også udstyr til kommunikation mellem hovedstationen på Nordhavnsværket de enkelte understationer (NTR, QIN, BUK 1 og BUK 2).

Kommunikationsudstyr skal, som det eksisterende udstyr, være for BPL (Broad band over Power Lines), og det skal være i et fabrikat og i en type, der er fuldt kompatibelt med det eksisterende udstyr.

6.5.3 Kraftstation 1 og 2

Anlæggene i Kraftstation 1 (3 turbineaggregater med hjælpeudstyr) skal styres og reguleres som hidtil.

Styringen af de nye aggregater i Kraftstation 2 skal udformes som styringen af aggregat 1, 2 og 3, så de 5 aggregater både funktionelt og hvad angår signalbestykning (kommandoer, måleværdier alarmer m.m.) optræder så ensartet som muligt.

6.5.4 Reguleringsventil ved udløb i KANG

Der etableres en understation, som anvendt i udbygning 1. Understationen skal anvendes til udveksling af signaler med reguleringsventiler og tilhørende udstyr (turbineaggregat, nøddieselaggregat, batterianlæg etc.) i ventilkavernen i overløbstunnelen.

6.5.5 Kommunikationsforbindelser

Kommunikationsforbindelserne i udbygning 2 er skitseret i bilag 64, "Styring og fjernkontrol - Kommunikationsforbindelser, udbygning 2".

I udbygning 2 anvendes de samme kommunikationsforbindelser, som anvendes i udbygning 1. Det nuværende kommunikationsudstyr er fra 2016 og drives analogt med en dataoverførsel på 1200 Baud. Udstyret skulle tillige kunne sættes op til digital kommunikation.

Der skal etableres ny kommunikationsforbindelse for henholdsvis tale og data mellem driftscentralen i Nuuk og udstyret i ventilkavernen i overføringstunnelen.

Hertil anvendes enten en TELEPOST-løsning (f.eks. satellit forbindelse), eller:

- eksisterende linkstation, som i dag anvendes til radiokommunikation mellem Nuuk og Kraftstation 1 (skal udvides til også at omfatte Kraftstation 2).
- eksisterende linkstation, som anvendes til radiokommunikation mellem Kraftstation 1 og indtaget i KANG
- ny linkstation, som etableres ved ventilkavernen i overføringstunnelen.

6.5.6 Signalbestykning

Nye anlæg i udbygning 2 skal bestykkes med signaler for styring, overvågning og fjernkontrol efter de samme principper, som er anvendt for de tilsvarende anlæg i udbygning 1.

6.6 Resume af forbehold for den tekniske udformning

I beskrivelsen af den tekniske udformning af udbygning 2 er der gjort følgende forudsætninger:

El- og maskinteknisk:

- Efter et udfald af forsyningen fra vandkraftværket skal genpålastningen kunne styres. Det er dog sådan, at forsyningen fra BUKS i dag i tilfælde af dødt net kan genetableres ved at koble 132 kV transformerne i NTR og QIN ind på 132 kV transmissionslinjen, mens de samtidig er udkoblede på sekundærsiden (10 hhv. 60 kV). Derefter startes et aggregat, som uden spænding og belastning kobles på 132 kV transmissionslinjen. Aggregatet magnetiseres derefter således at hele 132 kV linjen + transformere spændingssættes fra 0 til 132 kV sammen med dette første aggregat i BUKS. Herefter belastes der i Nuuk og de resterende aggregater i BUKS startes, spændingssættes og synkroniseres sammen efter behov.
- Hvert af de tre aggregater skal have en spændings- og frekvensregulering, som gør det muligt - for det enkelte aggregat, under normal drift - at levere spænding og frekvens af en kvalitet som beskrevet i DE Rekommandation nr. 16.

Anlægsteknik:

- Tærsklen i kote +7.0 i adgangstunnelen til afløbet i udbygning 1 forudsættes at ligge tilstrækkelig højt over højest mulige opsving for undervandet i udbygning 2. Dette skal kontrolleres i det endelige design.
- Kortgrundlaget ved KANG og ISTA er udtegnet på grundlag af opmålinger, der ikke er sammenknyttede. Den indbyrdes sammenhæng mellem opmålingerne må verificeres med et ny kortgrundlag.
- Faren for og konsekvensen af, at indtaget i ISTA bliver blokeret af et isfjeld skal vurderes nærmere.
- Den foreslåede beliggenhed af indtagsslukket ved ISTA forudsættes at fjeldet ikke er permafrosset. Dette forhold skal verificeres tidligt.
- Det skal sikres, at den dimensionerende flom for dæmningen i KANG's østende ikke overskrides.
- Om nødvendigt skal der laves en kanal gennem tærsklen der er beliggende omtrent midt i KANG.

- Det skal vurderes nærmere om overføringstunnelen skal lægges med en mindre hældning end tidligere foreslået. For at gennemføre denne vurdering skal fjeldet i KANG analyseres mere detaljeret, så udløbet kan flyttes længere op.
- I de større sprækkezoner ved Kraftstation 2 skal der sandsynligvis bruges tunnelsikring med fiberarmeret beton og bolte. Når man krydser en eksisterende tunnel i et område med ringere fjeldkvalitet, kan det også være nødvendigt at støbe armeret beton.
- Opsprækning i svaghedszoner i overføringstunnelen kan berøre tunnelen i 50 - 100 m længde og vil kræve at zonen stabiliseres ved brug af fiberarmeret sprøjtebeton. Der- som den centrale del indeholder ler, kan dette bevirke at zonen permanent må sikres med betonudstøbning.
- Over en stor del af overføringstunnelen kan der være så høje spændinger, at afskalning af bjerg og eventuelt sprakefjell kræver en vis sikring. Sprøjtebeton og / eller bolte er hovedsageligt relevante i denne henseende.
- I tilfælde af tunnelsektioner gennem permafrost kan vandet som overføres fra ISTA til KANG, ved et senere driftsstadium, delvist opvarme klippen tættest på tunnelen. Der er da en risiko for, at stenblokke falder ind i tunnelen. Derfor kan det være nødvendigt at forstærke tunnelen allerede i byggefasen med sprøjtebeton og bolte på disse dele.
- Det skal sikres at der er plads til opstilling af et nyt 132 kV anlæg med 3 felter ved siden af det eksisterende 132 kV anlæg i Kraftstation 1.

7 Infrastruktur

7.1 Adgangsforhold

I det følgende er de eksisterende muligheder for adgang til de enkelte anlægsområder beskrevet.

7.1.1 Anlægsområdet ved Buksefjorden

Anlægsområdet kan nås med skib/båd og helikopter.

Adgang af søvejen

Anlægsområdet er beliggende i bunden af fjorden Kangerluarsunnguag/- Buksefjorden ad søvejen ca. 80 km fra Nuuk.

Ved fjordens munding findes der en tærskel, hvor vanddybden er ca. 30 m. Ca. 2 km fra bunden af fjorden er der ligeledes en tærskel med varierende vanddybde, men dybt nok til at atlantgående skibe kan sejle ind til Buksefjordens opankringsplads. Buksefjordens opankringsplads for atlantgående skibe er ca. 0,5 km fra den eksisterende kutterkaj. Imellem de to tærskler er der stor vanddybde.

Siden 2008 har der kun været 3 år hvor havisen i fjorden har forhindret, at man ikke kunne sejle ind i Buksefjorden med glasfiberbåd. Med isbrydende båd kan der sejles året rundt.

Adgang af luftvejen

Der er anlagt helistop i anlægsområdet. Nærmeste lufthavn er i Nuuk, i luftlinje ca. 50 km fra anlægget.

7.1.2 Anlægsområdet ved søen KANG

Adgang fra Buksefjorden

Anlægsområdet er beliggende på sydsiden af KANG ca. 40 km fra kutterkajen i Buksefjorden.

Fra kutterkajen i Buksefjorden er det muligt at køre op til pramstedet ved vestenden af KANG, og herfra kan der sejles med båd de godt 25 km frem til anlægsområdet.

Det forventes, at KANG vil være islagt fra oktober til juni.

Adgang af luftvejen

Der er meget gode muligheder for at lande med helikopter i terrænet i/ved anlægsområdet. Afstand i luftlinje fra Nuuk lufthavn er ca. 75 km og fra helistoppet i Buksefjorden knapt 35 km.

7.1.3 Anlægsområdet ved ISTA

Det er kun praktisk muligt at nå anlægsområdet ad luftvejen.

Der er gode muligheder for at lande med helikopter i terrænet i/ved anlægsområdet. Afstand i luftlinje fra Nuuk lufthavn er ca. 85 km, fra helistoppet i Buksefjorden knapt 40 km og fra anlægsområdet ved KANG ca. 15 km.

I søens isfrie periode (som må formodes at være kortere end den tilsvarende isfrie periode på KANG) driver der isfjelde samt mere eller mindre synlige (klare) isskasser rundt på søen.

7.2 Eksisterende infrastrukturer

Buksefjorden

I bunden af Buksefjorden er der etableret en kutterkaj med en kajfront på ca. 10 m og en vanddybde på 6 m ved middelvande. Belægningen på kajen er udført i armeret beton. Havnearealet bag kajen har en størrelse på ca. 800 m² og er befæstet med sprængsten, skærver og grus.

Ved vestenden af KANG er etableret et pramsted i form af en vej, der forløber skråt ned i søen. Pramstedet kan i sin nuværende udformning dog kun bruges ved vandspejl mellem +260 og +261.

Fra kutterkajen i Buksefjorden og frem til portalbygningen i udbygning 1 er der etableret en arbejdsvej med en bredde på ca. 4,5 m. Vejen er befæstet med sprængsten, skærver og grus.

Fra portalbygningen og videre op igennem Buksefjordsdalen og frem til indtagslukket i udbygning 1 er etableret en anlægsvej med en bredde, der varierer fra ca. 2,5 m til ca. 3,5 m. Vejen er flere steder anlagt med så små kurveradier og så store længdeprofilknæk, at transport af større gods og udstyr kan være umulig. Herudover kan passage af voluminøst gods ved enkelte af de strækninger, hvor vejen er anlagt i afgravning/afsprængning, være umulig. Vejen er befæstet med sprængsten, skærver og grus.

7.3 Supplerende permanente infrastrukturer

Fra KANG's vestende etableres der en ca. 27 km lang arbejdsvej frem til anlægsområdet ved søen KANG. Den nye arbejdsvej placeres, så den i størst mulig udstrækning følger transmissionslinjetraceet ved en evt. udbygning 3.

Arbejdsvejen skal i anlægsfasen kunne bruges til kørsel med 60 tons dumpere, og have vej-bredde på ca. 5 m.

Fra udløbsområdet ved KANG til ISTA indtagsområdet skal der etableres et kørespor på ca. 22 km i samme bredde som arbejdsvejen.

Arbejdsveje og kørespor skal ved arbejdets afslutning efterlades med en stand som kan bruges til kørsel med pickupbiler og rendegravere.

Den eksisterende anlægsvej fra kutterkajen frem til den nye vej på ca. 14 km skal opgraderes i et sådant omfang, så de ovennævnte transporter kan gennemføres.

Der etableres en permanent brændstoftank til generatoranlægget ved ventilkavernen.

7.4 Midlertidige infrastrukturer

Entreprenøren vurderer behovet for eventuelle midlertidige infrastrukturer til supplerende af de permanente løsninger. Ved arbejdets afslutning fjernes alle midlertidige infrastrukturer og terrænet retableres.

Det gamle tankanlæg ved kutterkajen på 100m³ er fjernet, og der skal således etableres et nyt midlertidigt tankanlæg i anlægsfasen.

Der etableres en midlertidig lejr, med camp, produktionsanlæg og værksteder, ved den eksisterende adgangstunnel, hvorfra der kan hentes el-forsyning. Der etableres dog et generatoranlæg som kan overtage elforsyningen af lejren ved behov.

Vandforsyning hentes fra en nærliggende elv og sø.

Ved udløbet i KANG og ved indtaget i ISTA etableres velfærdsforanstaltninger, som ved nødsituationer kan bruges som midlertidig indkvartering. Der etableres også generator-dreven el-forsyning og et mindre tankanlæg som bruges som nærdepot.

Retningslinjer for mineindustrien følges ved etablering af de midlertidige anlæg.

8 Arbejdsprogram

8.1 Arbejdsprogram

Tidsplanen for gennemførelse af udbygning 2 er gengivet på bilag A.

Det forudsættes, at udbygning 2 udbydes i totalentreprise som udbydes til prækvalificerede entreprenører.

Der indgås kontrakt med entreprenøren midt i 4. kvartal år 0, hvorefter mobilisering og etablering af arbejdsplads samt tunnelarbejder for Kraftstation 2 påbegyndes om sommeren år 1.

Ny adgangstunnel og Kraftstation 2 drives på lidt over et år.

Tunnelarbejder for overføringstunnelen opstartes sommeren år 2, når der er opnået vejforbindelse til området.

Overføringstunnelen drives fra to fronter og drives på under 3 år.

Der er regnet med en gennemsnitlig drivningshastighed på ca. 120 m/uge, hvilket kræver en intens arbejdsindsats med 3-holdskift året rundt.

Kraftstation 2 kan idriftsættes 4. kvartal år 4. 1-2 kvartaler efter er overføringstunnelen mellem ISTA og KANG færdig, hvorefter vil der vil gå under et år inden vandspejlet i KANG er reableret.

Risiko analyse, god planlægning, miljøhensyn og arbejdsmiljøstyring vil være afgørende for et vellykket projekt.

8.2 Forundersøgelser

Følgende forundersøgelser anbefales før udbud af opgaven:

- 1 Kortlægning af anlægsområdet, og øvrige interesseområder, med nye ortofotos og vektoriserede højdekurver med en ækvidistance på 2 meter til brug i CAD-programmer.
- 2 Undersøgelse af klimapåvirkning af afstrømning fra indlandsisen til ISTA.
- 3 Fjeldboring ved lukkeskakt ved ISTA og reguleringsventil ved KANG, hvori der foretages temperaturmålinger.
- 4 Måling af vandtemperaturer i ISTA.
- 5 Alkali-kisel undersøgelser af grusmasser og stenmasser, herunder vurdering af egnethed til betonproduktion.
- 6 Mere detaljeret hydraulisk analyse af forslag (trykstød beregning CFD)
- 7 Miljøundersøgelser afstemt med miljømyndigheder.
- 8 Pladsforhold ved siden af eksisterende 132 kV anlæg i Kraftstation 1.

8.3 Undersøgelser under udbygning 2

Entreprenøren er ansvarlig for at etablere et arbejdsmiljø med et tilstrækkeligt sikkerhedsniveau.

Følgende løbende undersøgelser anbefales i sammenhæng med tunnelarbejderne

- 1 Kontinuerlige temperaturmålinger i fjeldet, især i tunnelsektioner, hvor der er risiko for permafrost.
- 2 Måling af vandtab ind gennem tunnelvæggen: Metoden siger noget om, i hvilket omfang vand trænger ind i fjeldmassen, og i hvilken grad penetrering med et injektionsmiddel kan forventes.
- 3 Måling af vandtab gennem tunnelvæggen: For tunneler med høj bjergdækning kan der forekomme højt vandtryk. En kombination af højt vandtryk, højt bjergtryk og tunge svaghedszoner kræver ekstraordinære foranstaltninger.
- 4 Borehammerboring i tunnelens front: At undersøge ler, revnet sten, forvitret klippe, evt. faststofzoner, vandbærende zoner. Dette kan gøres i de samme borehuller, der blev brugt til sprængstofferne.

- 5 Engineering Geological Survey: Rock Art. Kortlægge revnernes materialeindhold, placering, længde og størrelse og omtrentlig vandlækage ind i tunnelen, når tunnelen drives fremad samt kortlægning af revner i enhver armering med sprøjtebeton / betonstøbning.
- 6 Kontinuerlig måling af tværsnit og rethed i tunneler for at registrere mulige bevægelser.
- 7 Måling af klippetrykket: Med stigende dybde i sten forøges også spændingsfeltet i det faste fjeld. I sten kan spændingen på klippen være så høj, at klippens styrke overskrides, hvorved klippen går i stykker, såkaldt "smællberg". Bruddet finder normalt sted under et kraftigt smæll, og den ødelagte klippe kan smides ud af klippeafgrunden. Hvis der er usikkerhed omkring størrelsen af klippetrykket, tilrådes det at måle både de lodrette og de vandrette komponenter i klippetrykket.
- 8 For at kunne estimere revner og svaghedszoner foran tunnelfronten kan der foretages seismiske undersøgelser. I første omgang foreslås det at anvende refraktionsseismik. Et antal geofoner er placeret på toppen af fjeldet langs tunnelstrækningen. Disse registrerer seismiske køretider ved hver nye sprængning. Sprekker og svaghedszoner har lavere seismisk køretid, og sådanne zoner kan således detekteres på forhånd, før tunneldrift når det. Refleksionsseismik kan også bruges med geofoner monteret i den allerede sprængte tunnel og også på fjeldoverfladen over tunnelen.

9 Drift vedligehold

Merudgifterne til drift af vandkraftanlægget efter udbygning 2 vil hidrøre fra:

- Øgede udgifter til renovering af turbinerne i udbygning 1, da disse i udbygning 2 skal drives af sedimentholdigt vand
- Udgifter til drift- og vedligehold samt tilsyn med overføringstunnelen fra ISTA

10 Referencer

-
- ^A Nukissiorfiit vandkraftkontoret 1994: Vandkraftværk Buksefjorden, udbygning2 og 3, dispositionsforslag, maj 1993.
- ^B Grønlands forundersøgelser (GFU)1993: Vandkraftværk Buksefjorden, udbygning2 og 3 forundersøgelser 1993 landmåling.
- ^C NGI 1993: Buksefjorden Kraftværk ingeniørgeologisk vurdering, maj 1993
- ^D NGI 1993, Vandkraftværk Buksefjorden, udbygning2 og 3 Ingeniørgeologiske forundersøgelser mellem KANG og ISTA, oktober 1993
- ^E Geoteknisk institut 1993, Vandkraftværk Buksefjorden, udbygning2 og 3 Geotekniske undersøgelser 1993, november 1993
- ^F Nukissiorfiit vandkraftkontoret 1993: Vandkraftværk Buksefjorden, udbygning2 og 3 Anlægstekniske forundersøgelser og rekognoscering, oktober 1993
- ^G N&R Consult A/S 1994: Buksefjord Vandkraft, Udbygning2, Permafrostundersøgelse, januar 1994.
- ^H Nukissiorfiit 2005: Grønlands vandkraftressourcer. En oversigt – august 2005
- ^I Nukissiorfiit 2020a: Månedregistreringer. E-mail fra Rolf Sloth, 11. februar2020
- ^J ASIAQ 2018-14: Vandressourcen ved Isortuarsuup Tasia, Vandkraftpotentiale 06.b/06.f. August 2018
- ^K ASIAQ 2020: St443_Q_5dayMean_1976-2019.xlsx modtaget pr. e-mail 2020-02-11
- ^L ASIAQ rapport 2019-22: Bathymetrisk undersøgelse af reservoirsø ved Buksefjordsværket
- ^M Nukissiorfiit 1994: Vandkraftværk Buksefjorden. Udbygning2 og 3. Dispositionsforslag. Maj 1994
- ^N Nukissiorfiit 2020c: E-mail 2020-03-24 fra Rolf Sloth
- ^O EA energianalyse 2018: Energiplan Nuuk. København, oktober 2018
- ^P Nukissiorfiit 2020b: E-mail 2020-03-02 fra Rolf Sloth til Inuplan
- ^Q Miljømæssig vurdering af vandkraftprojekt Kangerluarsunnguaq/Buksefjord Nuuk/Godthåb, Grønlands Fiskeri- og Miljøundersøgelser, juli 1986
- ^R Fjeldørredundersøgelser ved vandkraftprojekt Kangerluarsunnguaq/Buksefjord Nuuk/Godthåb, 1984-1985, Grønlands Fiskeri og Miljøundersøgelser, 1986
- ^S Rensdyrundersøgelser ved vandkraftprojekt Kangerluarsunnguaq/Buksefjord Nuuk/Godthåb, 1984-1985, Grønlands Fiskeri og Miljøundersøgelser, 1986
- ^T Miljøundersøgelser for vandkraftprojekt, Buksefjord, Nuuk/Godthåb, 1982, Grønlands Fiskeriundersøgelser, 1983
- ^U Kortlægning af kulturhistoriske interesser i forbindelse med vandkraftprojekt Buksefjord, Nuuk, 1982 og 1984, Kalaallit Nunaata Katersugaasivia, Grønlands Landsmuseum, 1985
- ^V Kangerluarsunnguup Tasersua/Tasersuaq, Arkæologiske og etnologiske undersøgelser udført i forbindelse med etablering af vandkraftværket ved Buksefjorden, Nuuk Kommune, Grønlands Nationalmuseum & Arkiv, 1993