

NOTAT

OPPDRAAG	Nytt Vestre Viken sykehus	DOKUMENTKODE	126870-RIE-NOT-002
EMNE	Reservestrømforsyning – Overordnet pålitelighetsvurdering	GRADERING	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Cura	OPPDRAAGSLEDER	Jan Petter Skar
KONTAKTPERSON	Jan Petter Skar / Gunnar L. Brevig	SAKSBEHANDLER	Martin Riseng
KOPI:		ANSVARLIG ENHET	1066 HMS og Risikostyring

SAMMENDRAG

Denne vurderingen tar for seg fire konkrete alternativ for reservekraftforsyning til Nytt Vestre Viken Sykehus og trekker frem og analyserer hovedfaktorene som vil påvirke påliteligheten til hvert alternativ. De fire alternativene er:

Alternativ 1: 2 generatorparker med 3 aggregater. 11kV spenning på reservekraftforsyning. Alternativet har meget god redundans på aggregater som forventes å være den viktigste feilkilden. Alternativet vil ha mange feilkilder og vil være sårbart da det er liten grad av redundans med tanke på å oppnå reservekraftforsyning til alle hovedfordelinger, men er veldig robust med tanke på å oppnå 75 % reservekraft (3 fungerende aggregater eller 3 av 4 hovedfordelinger fungerende).

Alternativ 2: Lokale generatorparker med 2 aggregater for hver av de 4 hovedfordelingene. 400V spenning på reservekraftforsyning. Alternativet vil ha få komponenter og redundans på aggregater som er den viktigste feilkilden (det bemerkes dog at 8 aggregater totalt gir høy forventet feilrate). Allikevel er systemet sårbart med tanke på opprettholdelse av reservekraft til alle hovedfordelinger da enkeltfeil i stor grad vil slå ut den aktuelle hovedfordelingen. Meget lav sannsynlighet for fullstendig bortfall av reservekraft (bortfall ved alle hovedfordelinger).

Alternativ 3: 1 generatorpark med 5 aggregater. 690V spenning på reservekraftforsyning. Alternativet har redundans på aggregater som er den viktigste feilkilden. Alternativet er relativt sårbart med tanke på å miste all reservekraftforsyning, men de fleste feil vil allikevel kun føre til delvis bortfall.

Alternativ 4: 1 generatorpark med 5 x 690V aggregater. Spenningen økes til 11kV med transformatorer tilknyttet hvert aggregat. 11kV spenning på hovedsløyfe for reservekraftforsyningen. Alternativet har redundans på aggregater som er den viktigste feilkilden. Alternativet er det mest sårbare med tanke på å miste all reservekraftforsyning, men de fleste feil vil allikevel kun føre til delvis bortfall.

I det videre arbeidet anbefales det blant annet at det innhentes krav/akseptkriterier til reservekraftforsyningen og at pålitelighetsdata (feilfrekvenser, etc.) for kritiske komponenter vurderes opp mot dette. Det anbefales også å identifisere hovedfordelinger hvor bortfall av reservekraft vil få størst konsekvenser og vurdere tiltak for å øke påliteligheten på tilførselene til disse. Vurderingen viser at enkeltfeil i relativt stor grad kun vil ramme deler av anlegget, og med nåværende løsning vil alle hovedfordelinger være like utsatt. Det bør også vurderes hvordan en delvis fungerende reservekraftforsyning (for eksempel 3 av 4 hovedfordelinger har reservekrafttilførsel) rangeres sammenlignet med fullstendig bortfall av reservekraft. Alternativene skiller seg fra hverandre når det

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
03	30.06.2015	Mindre revisjon av figur 1-4, kap. 5 og 6	Jan Petter Skar	Martin Riseng	Jan Petter Skar
02	15.04.15	Pålitelighetsvurdering oppdatert med OTP-alternativ	Martin Riseng	Gunnar L. Brevig	Jan Petter Skar
01	19.03.15	Pålitelighetsvurdering første utgave	Martin Riseng	Gunnar L. Brevig	Jan Petter Skar

gjelder sannsynlighet for fullstendig bortfall og delvis bortfall, men det er i denne vurderingen kun sett på sannsynligheten for at reservekraftforsyningen fungerer 100 %, noe som gir mindre forskjeller.

1 Bakgrunn og hensikt

Ved planleggingen av et Nytt Vestre Viken Sykehus (NVVS) skal det prosjekteres et system for reservekraftforsyning. Bortfall av kraftforsyningen til sykehuset vil kunne ha meget store konsekvenser for liv og helse, omdømme og økonomi. En pålitelig kraftforsyning er derfor særdeles viktig og det er derfor et krav at sykehuset har en reservekraftforsyning.

Hensikten med denne vurderingen er å gjennomgå aktuelle løsninger for reservestrømforsyning og vurdere disse ut fra forventet pålitelighet. Vurderingen skal trekke frem og diskutere særegenheter ved de ulike løsningene fra et pålitelighetsperspektiv.

Denne vurderingen vil være en del av beslutningsgrunnlaget for valg av reservestrømkonsept.

2 Metodikk

Dette er en overordnet kvalitativ vurdering av forventet pålitelighet for fire konkrete alternativer for reservestrømforsyning for NVVS. Vurderingen tar ikke sikte på å beregne eller vurdere hvilken pålitelighet som kan forventes oppnådd, men kun å vurdere alternativene på bakgrunn av tilgjengelig informasjon på nåværende tidspunkt.

Vurderingen består av følgende steg:

- Definere og avgrense analyseobjekt
- Nedbryting av hvert konsept i funksjonselementer
- Utarbeidelse av pålitelighetsblokkdiagrammer for hvert konsept
- Identifikasjon av unike/særegne funksjonselementer for hvert konsept
- Identifikasjon av unike/særegne systemkonfigurasjoner for hvert konsept
- Vurdering av hvordan identifiserte særegenheter påvirker forventet pålitelighet
- Sammenstilling av vurderingene av konseptene

I pålitelighetsvurderingen er følgende faktorer vurdert:

- Særegne funksjonselementer
 - Komponentenes forventede pålitelighet
 - Vedlikeholdsbehov og vedlikeholdsvennlighet
- Systemkonfigurasjon
 - Redundansnivå
 - Plassering av redundans
 - Kritiske enkeltkomponenter eller delsystemer
 - Fysisk plassering av komponenter og delsystemer

2.1 Avgrensninger

Denne vurderingen ser kun på påliteligheten til de ulike alternativene for reservekraftforsyning. Hovedstrømforsyningen til NVVS vurderes ikke.

Vurderingen tar for seg de forholdene som skiller konseptene fra hverandre og vurderer i liten grad påliteligheten til funksjoner/elementer som vil være identiske for alle tre konseptene.

Reservestrømforsyning – Overordnet pålitelighetsvurdering

Vurderingen tar ikke hensyn til eventuelle ulikheter i gjennomføringen av vedlikehold. Det antas at vedlikeholdet gjennomføres korrekt for alle konsepter.

Dette notatet omfatter ikke en vurdering av hvilket utstyr som skal tilkobles, for eksempel UPS eller funksjonskrav som skal stilles til UPSer.

Analysen er begrenset til kun å vurdere påliteligheten til reservekraftforsyningen binært, det vil si at reservekraften anses kun å ha to tilstander, *fungerer* og *fungerer ikke*. I de tilfeller hvor det vil være mulig med redusert reservekraftforsyning, eller forsyning til kun deler av sykehuset vil dette bemerkes, men ikke vurderes i detalj.

Analysen vurderer bare påliteligheten opp mot funksjonen «levere kraft til hovedfordeling RK ved bortfall av ordinær kraftforsyning». Det vil si at feil som ikke påvirker oppfyllelsen av denne funksjonen ikke betraktes (eksempelvis hendelser som oppstår under normal drift med normalkraft eller under vedlikehold).

3 Systembeskrivelse reservestrømforsyning

Reservestrømsystemets funksjon er å forsyne sykehuset med strøm i tilfeller hvor normalkraftforsyningen (NK) svikter.

Ved bortfall av den ordinære kraftforsyningen (nettet), skal reserveaggregatet levere kraft til hovedfordeling reservekraft (RK) innen 15 sek.

Det eksisterer ingen formelle krav til reservekraftforsyningens tilgjengelighet eller pålitelighet.

Det er separate forsyninger for NK og RK. RK vil forsynes fra 1.600kVA dieselaggregater.

Det planlegges 1 felles drivstofftank per generaltorpark (i tillegg til små buffertanker på hvert aggregat), men det vurderes å endre dette til 2 separate drivstofftanker.

Behovet for reservekraft er forutsatt å være ca. 50% av totalt effektbehov. Det betyr at reservekraftbehovet dekkes av 4 stk. aggregater (motor-generator-sett).

Teknisk utstyr som er avhengig av uavbrutt kraftforsyning vil være koblet til UPSer som vil sørge for strømtilførsel i perioden mellom bortfall av ordinær kraftforsyning og etablering av strøm fra reservestrømanlegget.

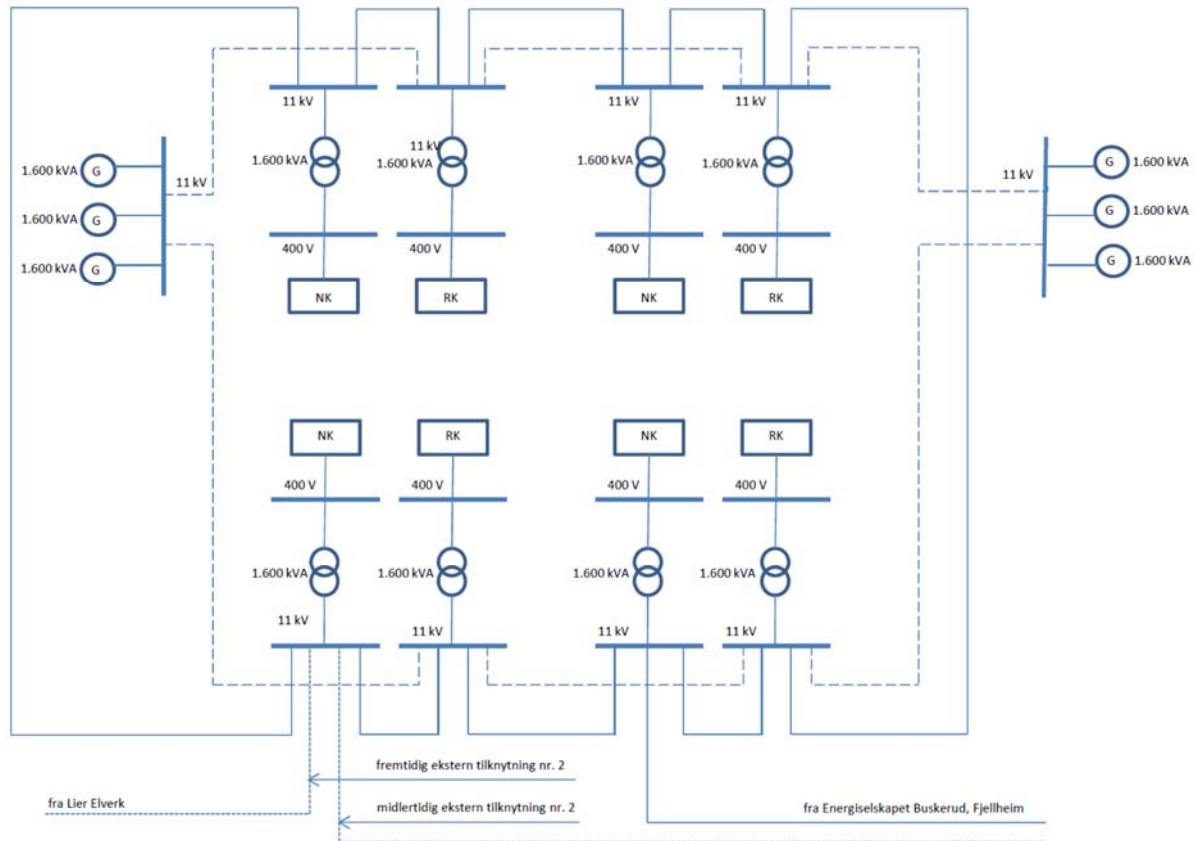
Den ordinære kraftforsyningen vil bli den samme uavhengig av hvilket konsept for reservestrøm som velges.

Det foreligger 4 konkrete alternativer for reservestrømforsyning til sykehuset. Alle alternativene består i hovedsak av følgende komponenter:

- Brennstofftank m/pumpearrangement
- Aggregater/generatorparker
- Brytere (høyspent/lavspent)
- Samleskinne/strømskinne
- Ledninger/kabler
- Transformatorer
- Kontrollsystem (inkl. forriglinger mellom brytere)

I beskrivelsen av hvert enkelt alternativ vil særegenhetene ved alternativet og eventuelle unike komponenter trekkes frem.

3.1 Alternativ 1 - 11kV reservestrømforsyning

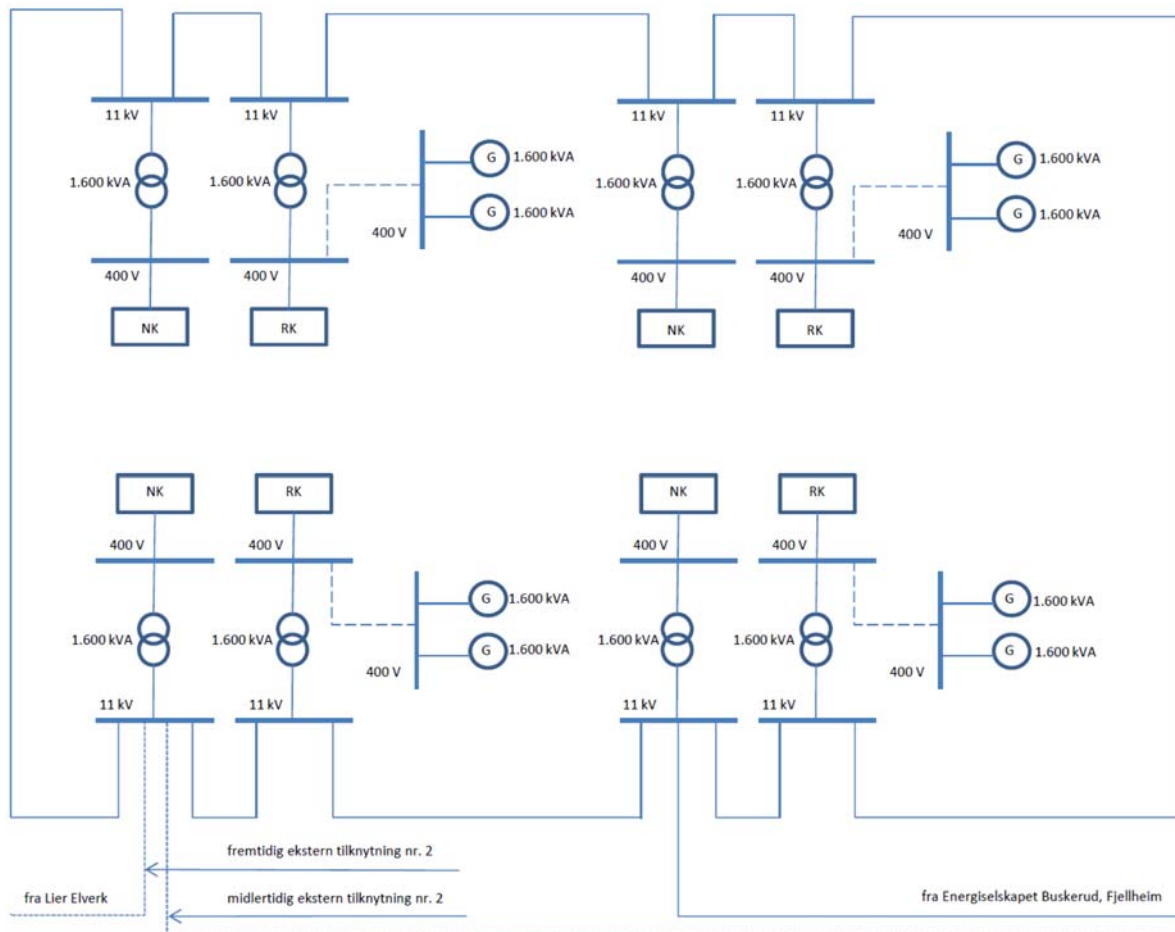


Figur 1: Alternativ 1 - 11kV Reservestrømforsyning

Alternativ 1 er en to-delt løsning med to fysisk adskilte generatorparker. Det må totalt være 4 fungerende aggregater for å dekke kraftforsyningsbehovet. Ved nettfall som rammer mer enn to netstasjoner, må aggregatene innen samme generatorpark synkroniseres. Aggregat nr. 3 pr. generatorpark er reserve (N+1) og er ikke myndighetskrav.

Alternativ 1 innebærer høyspentkomponenter (brytere, samleskinner, kabler) og transformator for spenningsreduksjon til 400V som siste ledd før hovedfordeling RK. Drift og vedlikehold vil kreve spesiell kompetanse for arbeid på høyspentanlegg.

3.2 Alternativ 2 – 400V Reservestrømforsyning

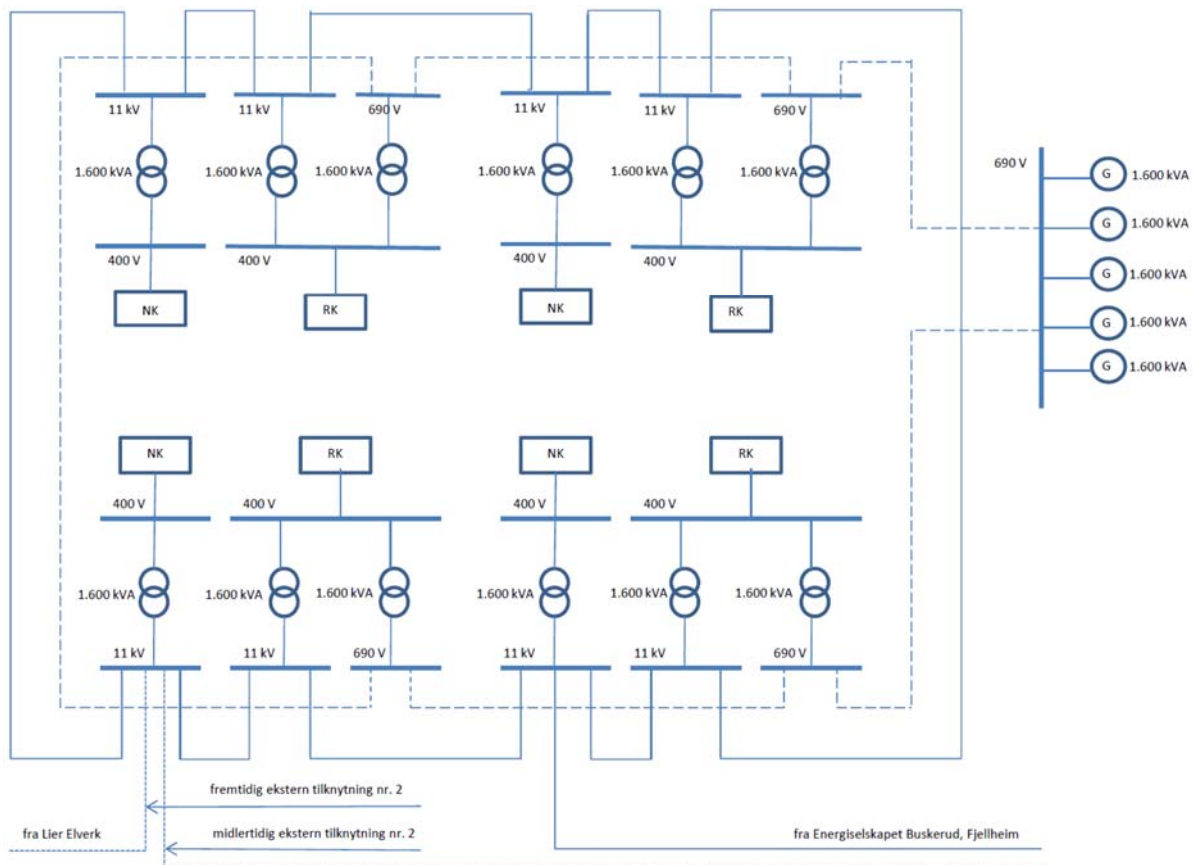


Figur 2: Alternativ 2 -400V Reservestrømforsyning

Alternativ 2 er en lokal løsning med lavspent-aggregater plassert i 3. etasje (teknisk etasje) over nettstasjonene for prioritert kraft (reservekraft). Hver lokalisering må ha 1 stk. aggregat for å dekke reservekraftbehovet. Aggregat nr. 2 pr. lokalisering er reserve (N+1) og er ikke myndighetskrav.

Dette alternativet kan betraktes som 4 uavhengige reservekraftforsyninger, en til hver hovedfordeling RK. For alternativ 2 er det ikke behov for transformatorer for reservekraftforsyningen da aggregatene genererer samme spenning som skal ut på hovedfordeling RK (400V).

3.3 Alternativ 3 – 690V reservestrømforsyning

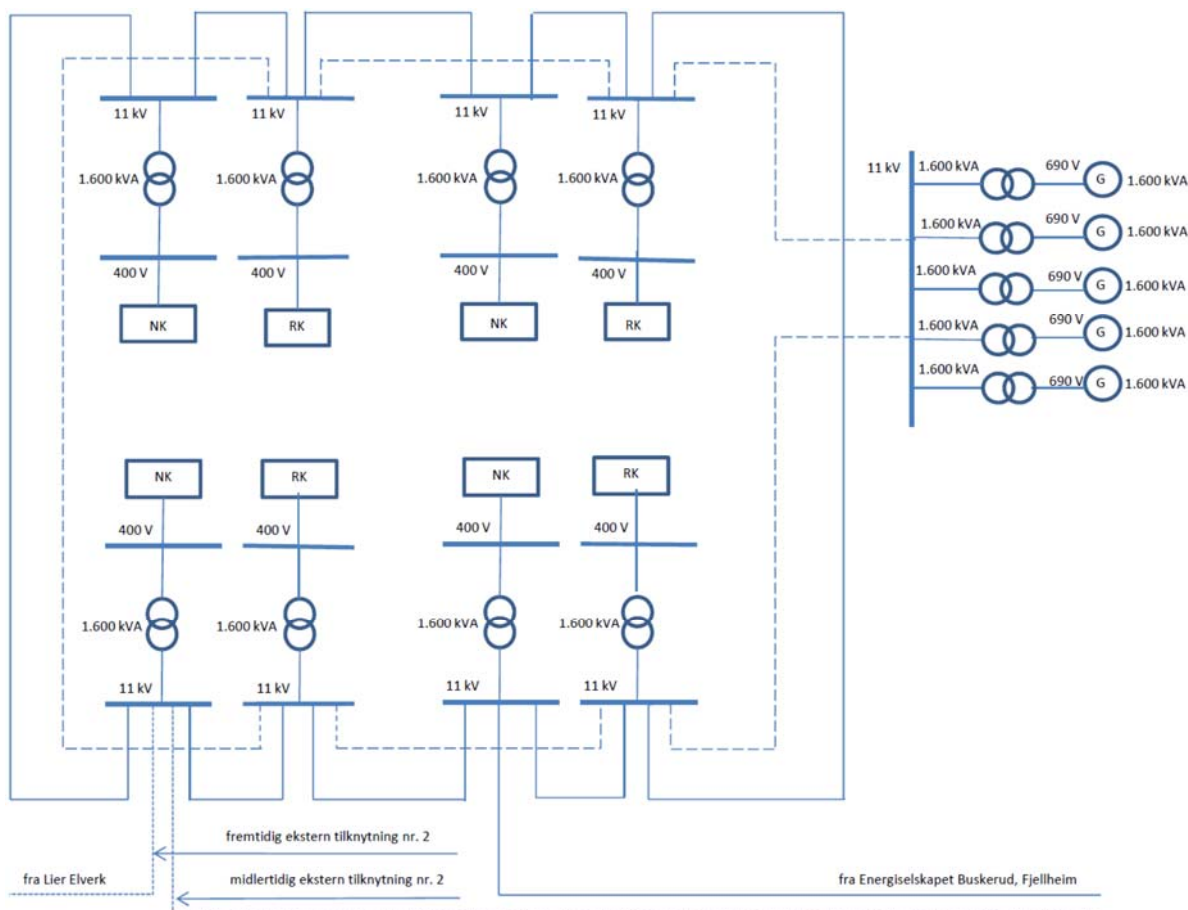


Figur 3: Alternativ 3 - 690V Reservestrømforsyning

Alternativ 3 ligner løsningen fra NØS (nytt Østfoldsykehus) med en generatorpark. Ved nettoutfall som rammer mer enn en nettstasjon, må aggregat nr. 2 synkroniseres med aggregat nr. 1 før det legges inn på felles samleskinne. Aggregat nr. 5 er reserve (N+1) og er ikke myndighetskrav.

Reservekraftforsyningen vil ha 690V spenning og det er behov for ekstra transformatorer før hovedfordeling RK.

3.4 Alternativ 4 – Løsning basert på NØS



Figur 4: Alternativ 4 – Løsning basert på NØS - 690V/11kV Reservestrømforsyning

Alternativet innebærer en generatorpark med 5 stk. 690V-aggregater. Hvert aggregat er tilkoblet en transformator som øker spenningen til 11kV som er spenningen på reservekraftsløyfen. Ved nettutfall som rammer mer enn en nettstasjon, må aggregat nr. 2 synkroniseres med aggregat nr. 1 før det legges inn på felles samleskinne. Aggregat nr. 5 er reserve (N+1) og er ikke myndighetskrav.

4 Pålitelighetsvurdering

I forbindelse med utarbeidelse av overordnede pålitelighetsblokkdiagrammer er det gjort noen forenklinger i modellene:

- Enkelte komponenter og delsystemer er slått sammen og betraktes som ett funksjonselement. Eksempelvis:

Reservestrømforsyning – Overordnet pålitelighetsvurdering

- Kabler og brytere for et avsnitt mellom to samleskinner
 - Brennstofftanker og pumpearrangement
 - Brytere og kabel før og etter en transformator
- Feil i kontrollsystem betraktes som en kritisk feil i reservekraftforsyningen til tross for at systemet i mange tilfeller vil kunne betjenes lokalt (dvs. at reservekraftforsyningen kun forsinkes).

4.1 Komponenters pålitelighet

Dette er en overordnet kvalitativ analyse som ikke går i detalj når det gjelder hver enkelt komponents pålitelighet, men det bemerkes allikevel at det vil være store forskjeller i forventet pålitelighet for de ulike komponentene reservekraftforsyningen består av.

Samleskinner, brytere, koblinger og transformatorer har erfaringsmessig god pålitelighet og feiler sjeldent. Kontrollsystemer vil ha sårbare og utsatte komponenter, og det må forventes at disse feiler med en viss hyppighet. Aggregater feiler relativt ofte i oppstart og motorfeil på disse vil være en sentral feilkilde for alle alternativene.

4.2 Alternativ 1 - 11kV Reservestrømforsyning

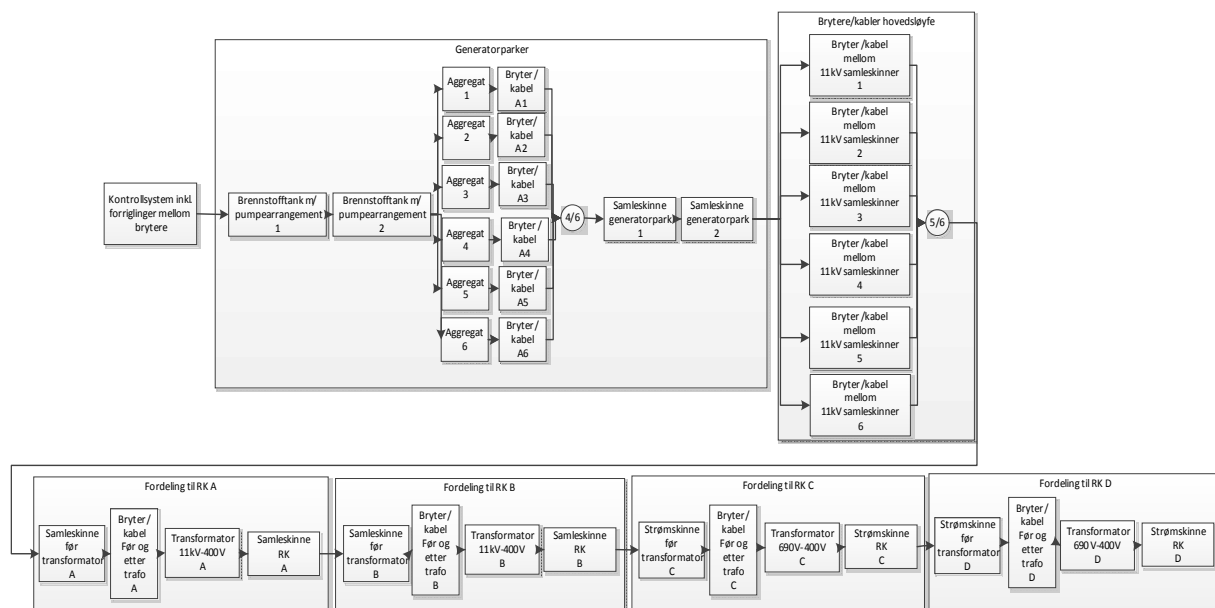
Alternativet omfatter 6 stk. aggregater hvor 4 må fungere for at kravet til reservekraftforsyning skal være tilfredsstillt. Dette vil gi en meget god pålitelighet med tanke på uavhengige feil som kan oppstå i aggregater (som for eksempel oppstartsproblemer som følge av motorfeil).

Aggregatene er delt i to generatorparker, noe som gjør at fellesfeil som rammer en hel generatorpark (for eksempel ytre påvirkninger eller feil på brennstofftanken) ikke vil slå ut hele reservekraftsystemet. Med 3 generatorer per generatorpark vil ikke systemet ha 1 av 2 redundans på generatorgrupper (faller en generatorgruppe bort vil man kun ha 75 % av påkrevd kraftforsyning). Delingen i 2 grupper vil derfor i liten grad forbedre påliteligheten med tanke på å oppnå 100 % av påkrevd reservekraftforsyning.

Løsningen innebærer derimot mange komponenter, noe som igjen vil føre til at systemet vil oppleve flere feil. Løsningen vil derfor *kunne* gi lavere pålitelighet med tanke på å oppnå 100 % reservekraftforsyning. Det bemerkes dog at løsningen vil være robust med tanke på å oppnå 75 % reservekraftforsyning da fellesfeil på generatorpark (eks. ytre påvirkning) ikke vil ramme begge generatorparker samtidig.

Kraftforsyning til samleskinner vil kunne skje fra begge sider slik at systemet tåler bortfall av et kabelavsnitt (kabelbrudd o.l.) eller bryterfeil i «distribusjonssløyfen». Det vil si at kun 5 av 6 slike avsnitt må være intakt/fungerende, noe som gir god pålitelighet i denne delen av systemet. Det bemerkes dog at ytre påvirkning kan påvirke feilfrekvensen slik at beskyttelse av kabler og brytere vil ha innvirkning på forventet pålitelighet.

I fordelingen fra distribusjonssløyfen til hver enkelt hovedfordeling vil det ikke være redundans i noe ledd. Dette medfører at systemet vil være sårbart for feil i disse komponentene (samleskinne, brytere/kabler og transformator). Feil som oppstår i denne delen av systemet vil kun påvirke 1 hovedfordeling og det vil derfor fortsatt være reservekraft til 75 % av hovedfordelingene.



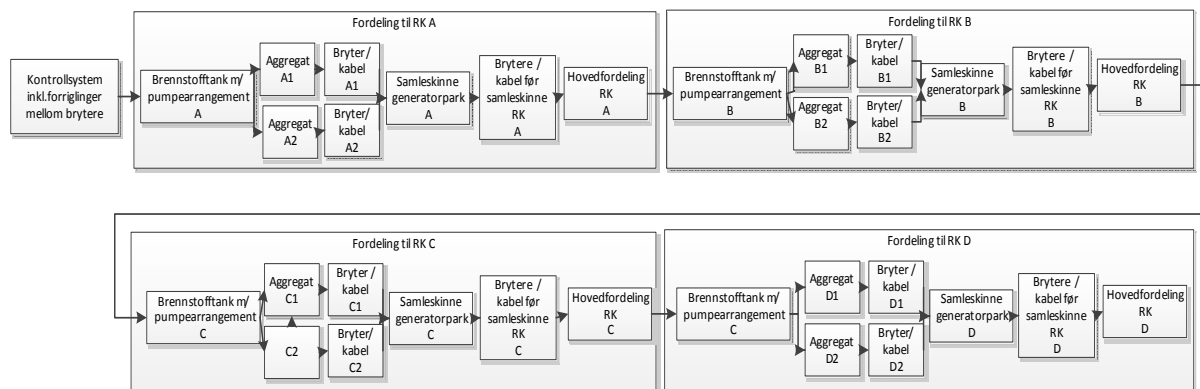
Figur 5 - Pålitelighetsblokkdiagram alternativ 1

4.3 Alternativ 2 - 400V Reservestrømforsyning

Alternativet omfatter 8 stk. aggregater fordelt på 4 uavhengige generatorparker plassert nær hovedfordeling RK, hvor 1 av 2 aggregater per generatorpark må fungere for å få tilstrekkelig reservekraftforsyning. Denne løsningen vil ha god pålitelighet med tanke på uavhengige feil i aggregater.

Systemet er enkelt og har færre komponenter enn øvrige alternativ. Det er blant annet ikke behov for transformatorer og det vil bli færre samleskinner, noe som gjør at det kan forventes færre feil. Det bemerkes dog at alternativet innebærer 8 aggregater. Da aggregatfeil antas å skje hyppig vil dette ha en stor påvirkning på totalt antall feil på anlegget.

Det er liten grad av redundans i anlegget (kun redundante aggregater), noe som gjør at løsningen vil være sårbar med tanke på feil i de fleste komponenter. Dette gjør at påliteligheten med tanke på å oppnå reservekraft til alle hovedfordelinger vil være sterkt avhengig av de aktuelle komponenters pålitelighet. Da løsningen i praksis innebærer 4 uavhengige reservekraftforsyningen vil feil på anlegget kun ramme *del* av systemet, mens resten fungerer. Det vil være *meget lav* sannsynlighet for at all reservekraft forsvinner.



Figur 6 - Pålitelighetsblokkdiagram Alternativ 2

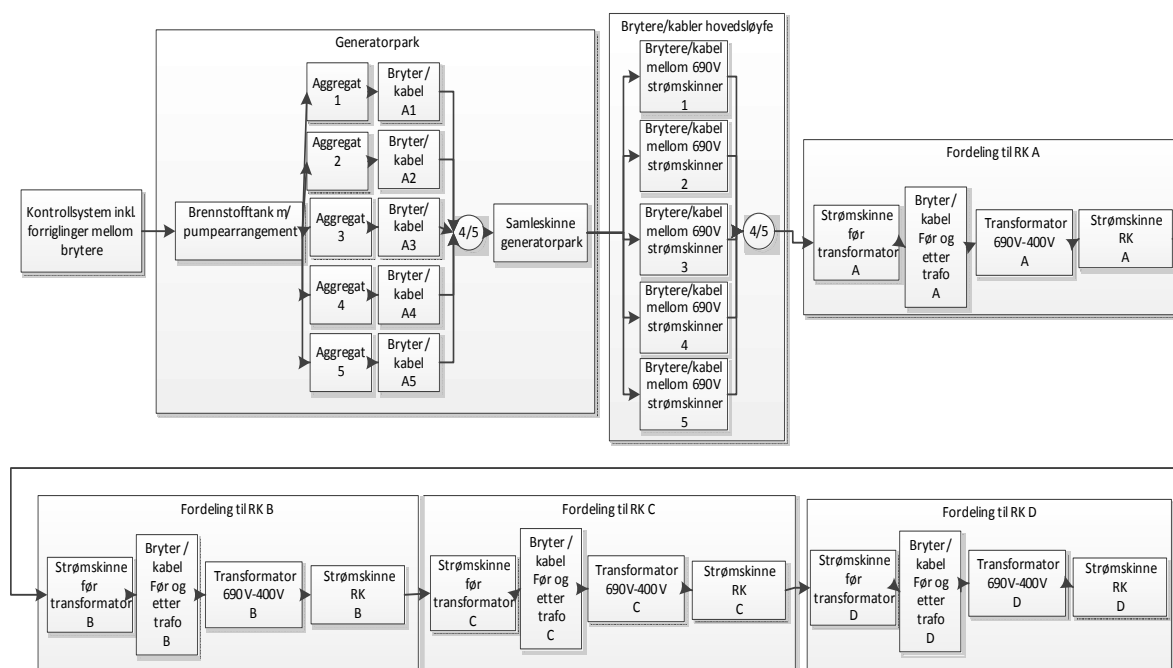
4.4 Alternativ 3 – 690V Reservestrømforsyning

Alternativet omfatter 1 generatorpark med 5 stk. aggregater hvor 4 må fungere for å oppnå tilstrekkelig reservekraftforsyning. Dette vil gi en brukbar pålitelighet med tanke på enkeltfeil på aggregater. Det bemerkes dog at aggregatfeil forventes å skje relativt hyppig og bedømmelsen av om 4 av 5 redundans vil være tilstrekkelig, vil avhenge av den faktiske feilfrekvensen på hvert aggregat (i tillegg til akseptkriteriet for pålitelighet på hele systemet).

Med alle aggregatene samlet i 1 generatorpark vil systemet være sårbart med tanke på feil som kan ramme hele generatorparken (for eksempel ytre påvirkning eller feil på brennstofftank). Denne type feil vil gi fullstendig bortfall av reservekraft.

Kraftforsyning til samleskinner vil kunne skje fra begge sider slik at systemet tåler bortfall av et kabelavsnitt (kabelbrudd o.l.) eller bryterfeil i «distribusjonssløyfen». Det vil si at kun 4 av 5 slike avsnitt må være intakt/fungerende, noe som gir god pålitelighet i denne delen av systemet. Det bemerkes dog at ytre påvirkning kan påvirke feilfrekvensen, slik at beskyttelse av kabler og brytere vil ha innvirkning på forventet pålitelighet.

I fordelingen fra distribusjonssløyfen til hver enkelt hovedfordeling vil det ikke være redundans i noe ledd. Dette medfører at systemet vil være sårbart for feil i disse komponentene (samleskinne, brytere/kabler og transformator). Feil som oppstår i denne delen av systemet vil kun påvirke 1 hovedfordeling og det vil derfor fortsatt være reservekraft til 75 % av hovedfordelingene.



Figur 7 - Pålitelighetsblokkdiagram Alternativ 3

4.5 Alternativ 4 – Løsning basert på NØS, 11kV Reservestrømforsyning

Alternativet innebærer 1 generatorpark med 5 stk. aggregater tilkoblet transformator hvor 4 aggregat-transformatorsett må fungere for å oppnå tilstrekkelig reservekraftforsyning. Dette vil gi en brukbar pålitelighet med tanke på enkeltfeil på aggregater og transformatorer. Det bemerkes dog at aggregatfeil forventes å skje relativt hyppig og bedømmelsen av om 4 av 5 redundans vil

Reservestrømforsyning – Overordnet pålitelighetsvurdering

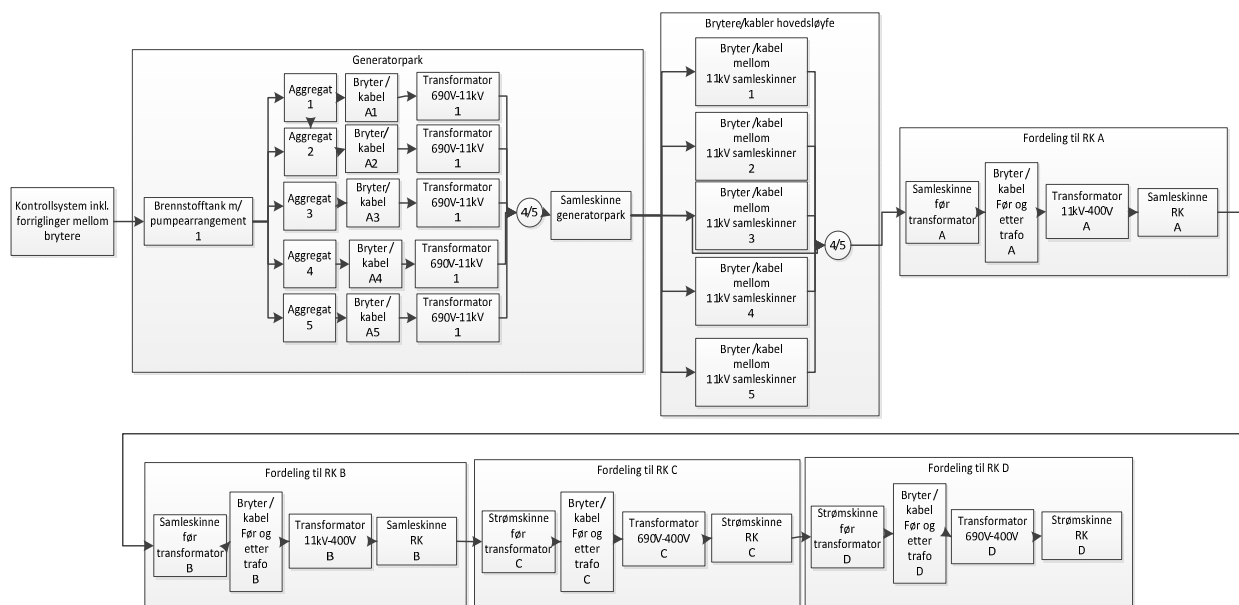
være tilstrekkelig vil avhenge av den faktiske feilfrekvensen på hvert aggregat-tranformatorsystem (i tillegg til akseptkriteriet for pålitelighet på hele systemet).

Med alle aggregatene samlet i 1 generatorpark vil systemet være sårbart med tanke på feil som kan ramme hele generatorparken (for eksempel ytre påvirkning eller feil på brennstofftank). Denne type feil vil gi fullstendig bortfall av reservekraft.

Kraftforsyning til samleskinner vil kunne skje fra begge sider slik at systemet tåler bortfall av et kabelavsnitt (kabelbrudd o.l.) eller bryterfeil i «distribusjonssløyfen». Det vil si at kun 4 av 5 slike avsnitt må være intakt/fungerende, noe som gir god pålitelighet i denne delen av systemet. Det bemerkes dog at ytre påvirkning kan påvirke feilfrekvensen slik at beskyttelse av kabler og brytere vil ha innvirkning på forventet pålitelighet.

I fordelingen fra distribusjonssløyfen til hver enkelt hovedfordeling vil det ikke være redundans i noe ledd. Dette medfører at systemet vil være sårbart for feil i disse komponentene (samleskinne, brytere/kabler og transformator). Feil som oppstår i denne delen av systemet vil kun påvirke 1 hovedfordeling og det vil derfor fortsatt være reservekraft til 75 % av hovedfordelingene.

Alternativ 4 har mange fellestrekk med alternativ 3, men som følge av innføring av transformatorer knyttet til hvert aggregat må det påregnes noen flere feil som følge av ekstra komponenter i systemet. Dette vil dog forventes kun å ha marginal påvirkning på systemets pålitelighet som følge av lav feilfrekvens på transformatorer og N+1 redundans i leddet hvor de plasseres.



Figur 8 - Pålitelighetsblokkdiagram Alternativ 4

5 Sammenligning med konsept for reservekraft ved Sykehuset Østfold (Kalnes)

Ved Sykehuset Østfold er det valgt et reservekraftkonsept med 3 aggregater i en generatorpark. Det forutsettes at det kun er behov for 2 fungerende aggregater for å dekke reservekraftbehovet. Hvert aggregat er tilknyttet en transformator som hever spenningen til 22kV slik at reservekraftforsyningen har samme spenningsnivå som normalkraftforsyningen.

En slik løsning vil gi god pålitelighet med tanke på enkeltfeil på aggregater. Å plassere transformatorer sammen med aggregatene fører til at systemet også får redundans på disse, men det innføres en ekstra transformator og tilhørende høyspentbrytere som også kan være nye feilkilder.

6 Generelle betraktninger for valg av konsept for reservestrøm

Påliteligheten til reservestrømforsyning vil være viktigere hvis det ikke er redundant hovedstrømforsyning (eller kun delvis redundans). Hovedstrømforsyningens pålitelighet bør derfor være en faktor som spiller inn ved valg av reservestrømkonsept.

Det bemerkes at påliteligheten til hvert enkelt konsept kan endres ved bruk av mer pålitelige komponenter, endringer i systemkonfigurasjon etc. på et senere tidspunkt. Det vil si at det for hvert konsept vil være mulig å oppnå høyere eller lavere pålitelighet uten å endre grunnkonseptet. En mulighet som bør vurderes er å stille strengere pålitelighetskrav til enkelte RK hovedfordelinger hvis konsekvensene av manglende reservekraft varierer.

Forventet pålitelighet bør være en viktig del av kriteriene for valg av reservestrømkonsept, men også andre kriterier bør legges til grunn i valget. Dette kan f.eks. være:

- Byggbarhet
- Investeringskostnader/byggekostnader
- Drift- og vedlikeholdskostnader
- Konsekvenser ved brudd i strømforsyningen til ulike deler av sykehuset

Vedlikeholdsvennlighet vil ha påvirkning på tilgjengeligheten til systemet. Ved feil som setter reservekraftsystemet ut av spill i situasjoner hvor det er behov for reservekraft, vil tid til feilretting være avgjørende for konsekvensene. Ved feil som gjør systemet mer sårbart, f.eks. feil på en redundant komponent, eller ved forebyggende vedlikehold som gjør at deler av systemet er tatt ut av drift, vil tiden dette tar, ha påvirkning på påliteligheten. Vedlikeholdsvennlighet er ikke bare knyttet til tilgang på reservedeler, kompetansebehov etc., men også til begrenset tid til planlagt service og vedlikehold.

7 Oppsummering og konklusjon

I vurderingen kommer det frem at følgende karakteristikker vil være felles for alle alternativene:

- Samleskinne hovedfordeling RK vil være kritisk komponent for alle hovedfordelingene
- Kontrollsystem er kritisk for alle systemene (dette er en forenkling da systemet ofte vil kunne styres manuelt ved feil i kontrollsystemet)

Samleskinner er vurdert å ha meget høy pålitelighet og at det ikke er redundans for disse anses derfor ikke å påvirke påliteligheten til noen av alternativene i særlig grad.

Når det gjelder kontrollsystem må det forventes at feil oppstår relativt hyppig og dette vil kunne ha stor påvirkning på reservekraftsystemets pålitelighet. Det anbefales derfor at det gjøres en mer detaljert vurdering av kontrollsystemet for reservekraft hvor følgende bør inngå:

- Konsekvenser av feil
- Muligheter for manuell styring
- Behov for redundans
- Behov for beskyttelse av deler av anlegget
- Fellesfeil som kan oppstå som rammer både kontrollsystem for normalkraft og reservekraft (for disse feilene vil ikke reservekraftsystemet fungere som redundant system for normalkraftforsyningen)

Generelt har alle alternativene relativt liten grad av redundans når funksjonskravet kun anses oppnådd hvis det oppnås reservekraftforsyning til hele anlegget. Det bemerkes allikevel at en stor andel av de enkeltfeil som vil påvirke reservekraftforsyningen, kun vil påvirke deler av anlegget. For

alle alternativene vil det være få eller ingen komponenter som er kritiske med tanke på bortfall av all reservekraftforsyning til sykehuset.

Følgende særegne faktorer vil ha stor påvirkning på påliteligheten til de ulike alternativene:

Alternativ 1

- 2 generatorparker gir lav sannsynlighet for at 100% av reservekrafttilførselen blir borte, men 1 av generatorparkene vil ikke alene gi tilstrekkelig reservekraft.
- Flere komponenter vil gi høyere feilrate/feilfrekvens og løsningen vil derfor *kunne* gi lavere pålitelighet hvis målet er 100 % reservekraft.
- 4 av 6 redundans på aggregater gir svært lav sannsynlighet for at aggregatfeil fører til bortfall av reservekraftforsyning
- 5/6 redundans på kabel/bryter(e)/samleskinner som er en del av «hovedsløyfen» gir god sikkerhet mot kabelbrudd, feil på brytere eller samleskinner. Systemet tåler utfall av en seksjon.

Alternativ 2

- Enkelt system med få komponenter gir forventning om lav feilrate/feilfrekvens. Det bemerkes dog at mange aggregater vil gi mange feil (aggregater antas å være en stor feilkilde)
- I praksis 4 uavhengige reservekraftsystemer som gir *meget lav* sannsynlighet for fullstendig bortfall av reservekraft.
- Liten grad av redundans med tanke på å oppnå reservekraftforsyning til alle hovedfordelinger.

Alternativ 3

- 4 av 5 redundans på aggregater gir rimelig god pålitelighet med tanke på feil på aggregater
- Hele generatorparken kan slås ut ved feil på samleskinne eller fellesfeil/ytre påvirkning, noe som medfører at dette alternativet vil ha høyest sannsynlighet for fullstendig bortfall av reservekraftforsyning sammen med alternativ 4.
- 4 av 5 redundans på kabel/bryter(e)/samleskinner som er en del av «hovedsløyfen» gir god sikkerhet mot kabelbrudd, feil på brytere eller samleskinner. Systemet tåler utfall av en seksjon.

Alternativ 4

- 4 av 5 redundans på aggregat- transformatorsett gir rimelig god pålitelighet med tanke på feil på aggregater og transformatorer tilknyttet disse.
- Hele generatorparken kan slås ut ved feil på samleskinne eller fellesfeil/ytre påvirkning, noe som medfører at dette alternativet vil ha høyest sannsynlighet for fullstendig bortfall av reservekraftforsyning sammen med alternativ 3.
- 4 av 5 redundans på kabel/bryter(e)/samleskinner som er en del av «hovedsløyfen» gir god sikkerhet mot kabelbrudd, feil på brytere eller samleskinner. Systemet tåler utfall av en seksjon.

Basert på denne vurderingen anbefales følgende i det videre arbeidet med valg av alternativ for reservekraftforsyning:

Reservestrømforsyning – Overordnet pålitelighetsvurdering

- Undersøke om oppdragsgiver/byggherre stiller eksplisitte krav eller har akseptkriterier for reservekraftforsyningens pålitelighet og tilgjengelighet. Dette kan også være avhengig av forventet pålitelighet på normalkraftforsyningen.
- Vurdere om konsekvensene ved bortfall av reservekraft varierer for de ulike hovedfordelingene RK. Er dette tilfelle kan det stilles strengere pålitelighetskrav til utvalgte komponenter. Det vil være mulig å øke påliteligheten på de deler av anlegget hvor bortfall av reservekraft vil ha størst konsekvenser i senere prosjektering.
- Vurdere muligheter for å styre hvilke deler av sykehuset som får reservekraftforsyning (hvilke hovedfordelinger) i tilfeller hvor det ikke er 100 % reservekraftforsyning (for eksempel ved kun 3 fungerende aggregater).
- Vurdere i hvilken grad det er fordelaktig at deler av reservekraftforsyningen fungerer ved feil. Alternativene skiller seg fra hverandre blant annet i hvorvidt enkelte feil vil påvirke hele anlegget eller kun slå ut en hovedfordeling.
- Innhente mer detaljert informasjon om feilfrekvenser for å vurdere om de mest sårbare delene har en akseptabel feilfrekvens.
- Innhente informasjon om øvrige parametere som påvirker valg av reservekraftkonsept for å kunne veie disse opp mot pålitelighetshensyn.