

 Troms Kraft Nett AS		ANALYSE	
Postadresse: Evjenvn 34 9291 Tromsø		Forstudie. Nettanalyse i forbindelse med tilknytning av småkraftverk ved Mjeldelva i Tromsø kommune.	
Besøksadresse: Evjenvn 34		Kartreferanse: NGO1948 Gauss-K. Akse 6 N: 1288480.24 Ø: -95627.03	
Telefon: 77 60 11 00 Telefaks: 77 60 13 66		HENDELSE DATO:	DOKUMENTANSVARLIG: Tony M. Johansen Arkiv: 462
Internett www.tromskraft.no			
FASIT-Rapportnr:	Antall sider: 21	UTFØRT AV (navn/dato): Tony M. Johansen	SISTE REVISJON (navn/dato): Tony M. Johansen 19.11.2007
Avd:	Versjon:	GODKJENT (navn/dato):	Dokumentet er elektronisk lagret som [.:\\nett-ut\\Division\\NettService\\1\\Felles\\NettService\\2\\Avsluttet\\Kunder\\nettenesten\\Småkraftverk - lokal\\produksjon\\Mjeldelva, Tromsø\\kommune_Nbrkonsult\\Mjeldelva.doc]
Nett	Foreløpig		

INNHALDSFORTEGNELSE**SIDE**

1	FORORD	3
2	DAGENS 22KV DISTRIBUTJONSNETT	4
3	BEREGNINGER AV NETT, UTEN GENERATOR.....	6
3.1	BELASTNING PÅ 22KV STASJONSAVGANG I TRAFOSTASJONENE (UTEN GENERATOR)	6
3.2	BELASTNING OG NETTAP PÅ BERØRT NETT (UTEN GENERATOR)	6
3.3	KORTSLUTNINGSYTELSE OG KORTSLUTNINGSSTRØM I TILKOBLINGSPUNKTET FOR GENERATOR	6
3.4	SPENNINGSPROFIL UTEN GENERATOR	7
3.4.1	Avgang fra Trafostasjon.....	7
4	DATA FOR GENERATOR	9
5	BEREGNINGER AV NETT MED GENERATOR.....	10
5.1	AVGANG FRA TRAFOSTASJON TIL TILKNYTNINGSPUNKT VED MJELDELVA.....	10
5.2	BELASTNING PÅ 22KV STASJONSAVGANG FRA OVERLIGGENDE TRAFOSTASJON.....	15
5.3	BELASTNING OG NETTAP PÅ BERØRT NETT (MED GENERATOR).....	15
5.4	KORTSLUTNINGSYTELSE OG STRØM I TILKOBLINGSPUNKTET FOR GENERATORENE.	15
6	TARIFFERING.....	16
6.1	BRUKSAVHENGIG TARIFFLEDD (ENERGILEDD).....	16
6.2	ANDRE TARIFFLEDD (RESIDUALLEDD).....	17
6.3	KOSTNAD FOR REAKTIV EFFEKT	18
6.4	INNMATINGSTARIFF	18
7	KRAV SOM MÅ SETTES FRA TROMS KRAFT NETT AS.....	19
7.1	TERMISK GRENSELAST.....	19
7.2	LANGSOMME SPENNINGSVARIASJONER	19
7.3	SPENNINGSSPRANG.....	19
7.4	FLIMMER	19
7.5	SPENNINGSDIPP VED START OG STOPPFORLØP AV GENERATORER.....	20
7.6	OVERHARMONISKE.....	20
8	KONKLUSJON.....	21
9	REFERANSER.....	21

1 FORORD

Dette er rapport nr.1 etter at Birger Fugle på vegne av Norconsult har forespurt opplysninger, for å kunne komme videre med planene om en utbygging av småkraftverk ved Mjeldelva i Tromsø kommune.

Ledig kapasitet i nettet skal regnes som veiledende og dedikeres i tilknytningskontrakt. Dersom annen part ønsker å gjøre nytte av kapasiteten før aktuelle kraftverk realiseres, vil dette medføre at kapasitet for innmating fra gjeldende kraftverk reduseres eller bortfaller.

Dette forstudiet ser på problematikken rundt tilknytning til distribusjonsnettet i området.

Til analysen legges aktuelt nett under Kvaløya trafostasjon inn i NetBas-Maske. Analyser kjøres ut fra stasjonære forhold som berører Troms Kraft Netts (TKN) distribusjonsnett.

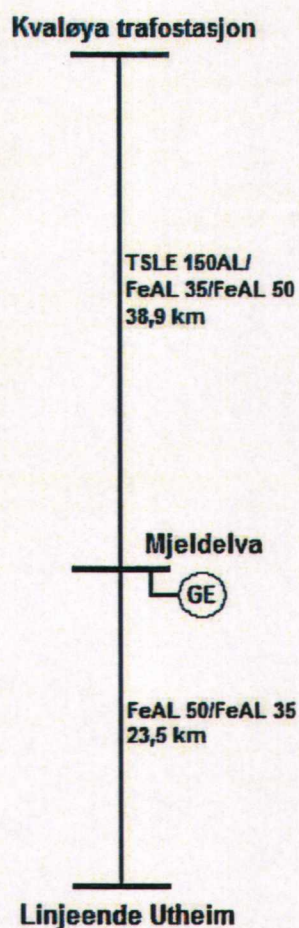
Som bakgrunn for analysen benyttes rapport fra EBL – Kompetanse, TR A5329 "Retningslinjer for nettilkobling av vindkraftverk". Rapporten tar for seg de fleste problemstillinger med vindkraft tilkoblet distribusjonsnett og kan henføres til småkraftverk.

Den 1.1.2005 kom Norges vassdrags- og energidirektorat med en ny forskrift. "Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet" Denne forskriften skal bidra til å sikre en tilfredsstillende leveringskvalitet i det norske kraftsystemet. Denne forskriften erstatter tidligere gjeldende Europaanorm, EN50160.

ANALYSE Småkraftverk – Mjeldelva, Tromsø kommune	Dokument ansvarlig Tony Molund Johansen	Oppdatert: 26.11.2007	Versjon: Foreløpig	Side: 3 av 21
--	--	--------------------------	-----------------------	---------------

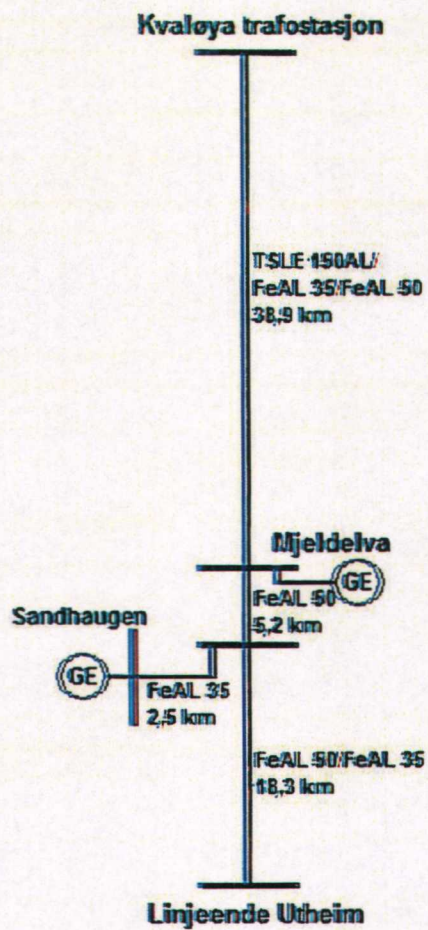
2 DAGENS 22KV DISTRIBUTJONSNETT

I dag har TKN en 22kV høyspentlinje som forsyner mot Mjeldelva fra Kvaløya trafostasjon. En vindmølle produserer i dag maksimalt 1,5MW inn i radialen. Denne kan omkoples mot Sjøtun og det er derfor sett på dagens nett både med vindmøllen koplet mot Bakkejord og Sjøtun.



Figur 2-1 Enlinjeskjema mellom trafostasjon, planlagt kraftverk og linjeende.

ANALYSE Småkraftverk – Mjeldelva, Tromsø kommune	Dokument ansvarlig Tony Molund Johansen	Oppdatert: 26.11.2007	Versjon: Foreløpig	Side: 4 av 21
--	--	--------------------------	-----------------------	---------------



Figur 2-2 Enlinjeskjema mellom trafostasjon, planlagt kraftverk, eksisterende vindmølle og linjeende.

3 BEREGNINGER AV NETT, UTEN GENERATOR.

For å kunne utføre beregninger i nettet med generator driftsatt, er det nødvendig å finne tilstanden i eksisterende nett før driftsetting av eventuelle nye kraftverk. Belastninger i beregningene er utført med bakgrunn i belastningsdata for 2007.

Simuleringene for dagens nett er i hovedsak spenningsberegninger og tap ved lastflyt og kortslutningsberegninger. Beregninger er statiske/stasjonære og tar ikke høyde for dynamiske påvirkninger driften av kraftverkene vil påføre nettet. Det er gjort analyser av det eksisterende nettet med vindmøllen på Sandhaugen både koblet til aktuell radial KVA-052SLETT (i tabeller m/vindmølle) og KVA-365KALD (i tabeller u/vindmølle). Siden begge mulighetene kan være aktuelle.

3.1 Belastning på 22kV stasjonsavgang i trafostasjonene (uten generator)

Tabell 3-1 Belastning på aktuell radial for tilknytning av kraftverket.

Stasjon	Tunglast [A]		Lettlast [A]	
	m/vindmølle	u/vindmølle	m/vindmølle	u/vindmølle
Kvaløya trafostasjon	224	246	39	58

3.2 Belastning og nettap på berørt nett (uten generator)

Tabell 3-2 Last og tap i distribusjonsnett og trafoer i trafostasjoner

Stasjon		Tunglast		Lettlast	
		Last (MVA)	Tap (MW)	Last (MVA)	Tap (MW)
Kvaløya trafostasjon	m/vindmølle	27,696 + j6,941	1,320	6,979 + j1,749	0,225
Kvaløya trafostasjon	u/vindmølle	27,696 + j6,941	1,369	6,979 + j1,749	0,228

Tabell 3-2 viser at vindmøllen, koblet mot aktuelle radial KVA-052SLETT (m/vindmølle i tabellen) minsker tapene mer i tunglast, enn koblet mot radial KVA-365KALD (u/vindmølle i tabellen). Ved lettlast er det tilnærmet like tap.

3.3 Kortslutningsytelse og kortslutningsstrøm i tilkoblingspunktet for generator.

På 66kV samleskinne i trafostasjon er kortslutningsytelsen 344MVA og benyttes som inngangsverdi ved kortslutningsberegninger ved tilknytningspunkt for kraftverket. I tillegg til kortslutningsytelse på overliggende nett gir tilknyttede kraftverk i distribusjonsnettet bidrag til total kortslutningsytelse i nettet.

Tabell 3-3 Maksimal kortslutningsytelse S_k og 3-polt kortslutningsstrøm I_{eff} 3-polt i 22kV eksisterende nett¹

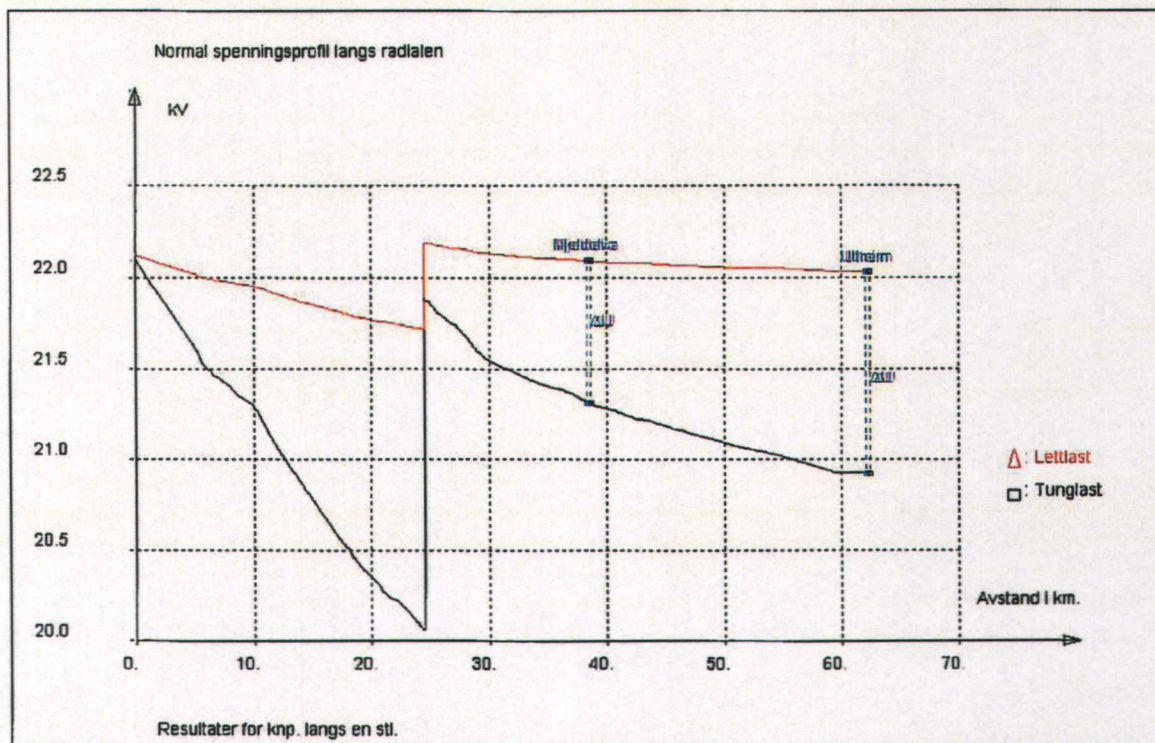
Tilknytningspunkt	Kortslutningsytelse [MVA]	I_{eff} 3-polt [kA]
Mjelde	22,329	0,586

¹ Ytelsen vil variere etter hvordan bla. Statkraft SF og Troms Kraft Produksjon AS drifter generatorer tilknyttet regional og sentralnett.

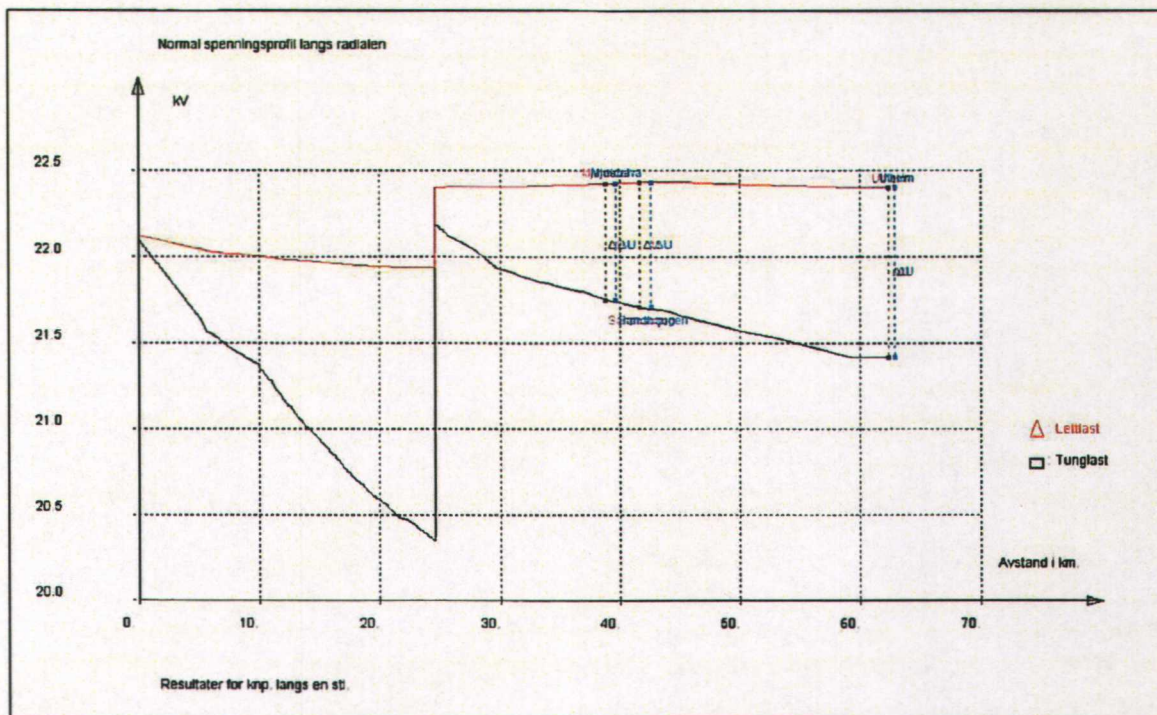
3.4 Spenningsprofil uten generator

Spenningen på linjen ved hver av avgangene i trafostasjonen vil påvirkes av last og produksjon langs aktuell radial.

3.4.1 Avgang fra Trafostasjon



Figur 3-1 Spenningsprofil w/generator, w/vindmølle, lettlast/ tunglast på strekningen, trafostasjon – planlagt kraftverk – linjeende.



Figur 3-2 Spenningsprofil u/generator, m/vindmølle, lettlast/ tunglast på strekningen, trafostasjon – planlagt kraftverk – vindmølle – linjeende.

Hoppet i spenningen på rundt 25 km ut fra Kvaløya trafostasjon er en regulertrafo som regulerer opp spenningen.

Tabell 3-4 Aktuell spenning ved regulertrafo, tilknytningspunkt og ved linjeende u/vindmølle.

Sted	Tunglast [kV] ²	Lettlast [kV] ³	ΔU ⁴	Middelverdi
Regulertrafo	20,062	21,491	4,01%	21,364
Mjeldelva	21,301	21,859	6,65%	20,777
Utheim	20,927	21,801	2,55%	21,580

Tabell 3-5 Aktuell spenning ved regulertrafo, tilknytningspunkt og ved linjeende m/vindmølle.

Sted	Tunglast [kV] ²	Lettlast [kV] ³	ΔU ⁴	Middelverdi
Regulertrafo	20,349	21,933	4,41%	21,905
Mjeldelva	21,747	22,425	7,22%	21,141
Utheim	21,411	22,398	3,02%	22,086

² Laveste beregnet spenning i eksisterende nett

³ Høyeste beregnet spenning i eksisterende nett

⁴ Spenningsvariasjon over året

4 DATA FOR GENERATOR

Fullstendige opplysninger/data for planlagte generatorer mangler.

Tabell 4-1 Tekniske data for kraftverket

Sted	Antatt prod [GWh]	Merkeeffekt [MW]
Mjeldelva	-	1,5

Komplette elektriske data for motorene mangler. Flimmerbidrag og overharmoniske blir ikke beregnet her, men må godkjennes av leverandør slik at de tilfredsstiller internasjonale krav.

Komplette tekniske/elektriske data for generator og andre elektriske anleggsdeler må oppgis og dokumenteres før en eventuell tilkobling til distribusjonsnettet kan finne sted.

5 BEREGNINGER AV NETT MED GENERATOR

Lokal produksjon tilknyttet 22kV distribusjonsnett vil påvirke belastning av nettet, samt energi og effektutveksling mot regional og sentralnett. Lokal produksjon kan også være med på å avhjelpe hardt lastet linjenett, men under forutsetning av at produksjonen tilpasses kapasiteten til tilknyttet nett. Overproduksjon eller dårlig styring av produksjonen, kan i motsatt fall medføre negative virkninger på nærliggende nett og forårsake unødvendige ulemper for andre kunder tilknyttet nett under samme trafostasjon.

5.1 Avgang fra Trafostasjon til tilknytningspunkt ved Mjeldelva.

Tilknytning av generator skal ikke generere spenningsstigning eller spenningsfall på mer enn 4 % ($\pm 4\%$) av aktuell spenning ved tilknytningspunkt eller andre steder lenger ut i nettet. Generator skal derav ikke generere spenningsnivå utenfor normalområdet $\pm 4\%$ langs hele radialen eller andre radialer tilknyttet samme trafostasjon. Disse krav til spenningskvalitet gjelder inntil det av NVE fastsettes nye krav. Endrede krav fra NVEs side vil være skjerpene til driften av tilknyttet generatorer ved planlagte kraftverk.

Tabell 5-1 Spenningsforhold ved tunglast/vinter på radialen ved drift av generator, uten vindmølle.

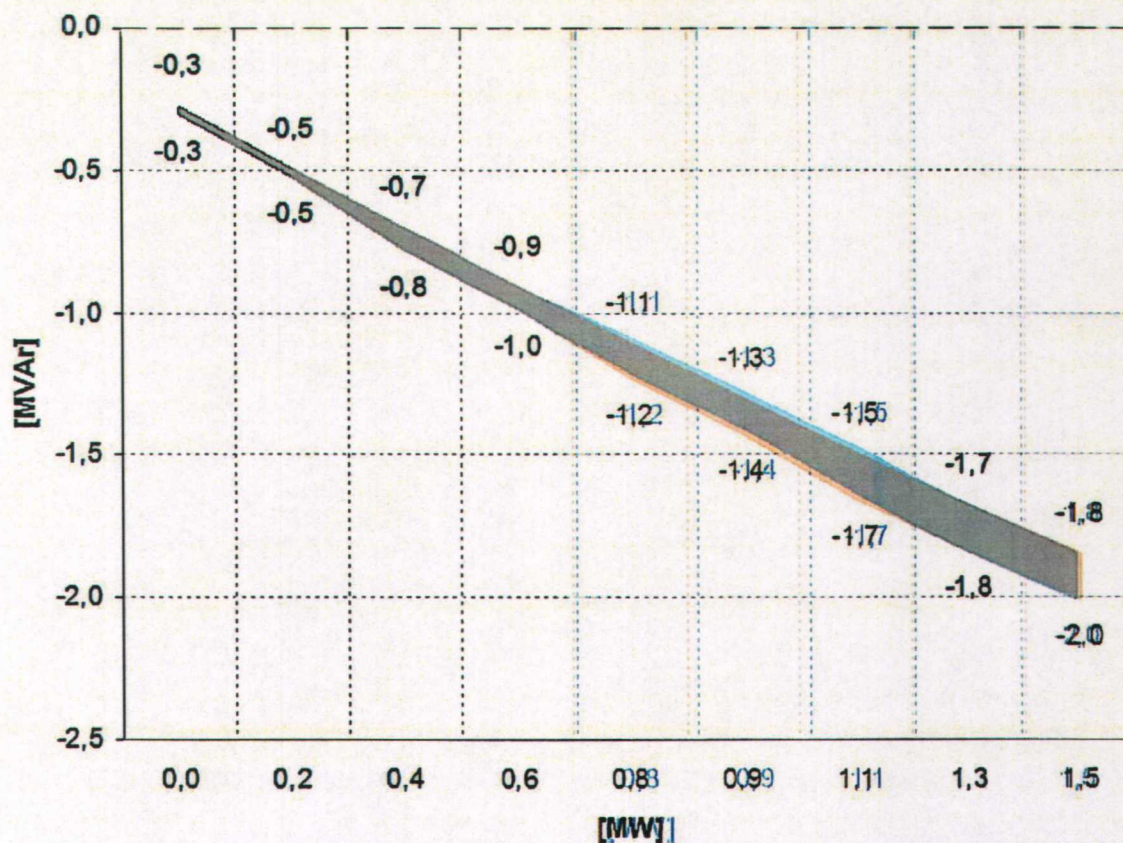
Aktiv og reaktiv produksjon ved kraftverket [MVA]	Spenning [kV]				Spenningsendring [%]				Merknader
	Kvaløya Trafostasjon	Regulertrafo	Mjelde	Linje – ende	Kvaløya Trafostasjon	Regulertrafo	Mjelde	Linje – ende	
Eksisterende nett, middelverdi	22,106	20,777	21,580	21,364	---	---	---	---	Referanse
0,000 + j 4,243	22,083	21,164	22,449	22,100	-0,1	1,9	4,0	3,4	Reaktiv grense
0,188 + j 3,946	22,074	21,198	22,449	22,100	-0,1	2,0	4,0	3,4	
0,375 + j 3,661	22,065	21,230	22,449	22,100	-0,2	2,2	4,0	3,4	
0,563 + j 3,385	22,056	21,259	22,449	22,100	-0,2	2,3	4,0	3,4	
0,750 + j 3,120	22,047	21,287	22,449	22,100	-0,3	2,5	4,0	3,4	
0,938 + j 2,861	22,039	21,313	22,449	22,100	-0,3	2,6	4,0	3,4	
1,125 + j 2,613	22,030	21,337	22,449	22,100	-0,3	2,7	4,0	3,4	
1,313 + j 2,371	22,021	21,359	22,449	22,100	-0,4	2,8	4,0	3,4	
1,500 + j 2,138	22,012	21,379	22,449	22,099	-0,4	2,9	4,0	3,4	
0,000 - j 0,302	22,079	19,939	21,600	21,233	-0,1	-4,0	0,1	-0,6	
0,188 - j 0,518	22,069	19,954	21,600	21,233	-0,2	-4,0	0,1	-0,6	
0,375 - j 0,779	22,057	19,943	21,550	21,182	-0,2	-4,0	-0,1	-0,9	
0,563 - j 0,981	22,048	19,956	21,550	21,182	-0,3	-4,0	-0,1	-0,9	
0,750 - j 1,230	22,036	19,943	21,500	21,130	-0,3	-4,0	-0,4	-1,1	
0,938 - j 1,420	22,027	19,953	21,500	21,130	-0,4	-4,0	-0,4	-1,1	
1,125 - j 1,654	22,014	19,937	21,450	21,079	-0,4	-4,0	-0,6	-1,3	
1,313 - j 1,834	22,005	19,945	21,450	21,079	-0,5	-4,0	-0,6	-1,3	
1,500 - j 2,008	21,995	19,952	21,450	21,079	-0,5	-4,0	-0,6	-1,3	

Tabell 5-2 Spenningsforhold ved lettlast/sommer på radialen ved drift av generator, uten vindmølle.

Aktiv og reaktiv produksjon ved kraftverket [MVA]	Spenning [kV]				Spenningsendring [%]				Merknader
	Kvaløya Trafostasjon	Regulertrafo	Mjelde	Linje – ende	Kvaløya Trafostasjon	Regulertrafo	Mjelde	Linje – ende	
Eksisterende nett, middelverdi	22,106	20,777	21,580	21,364	---	---	---	---	Referanse
0,000 - j 0,275	22,100	21,610	21,880	21,822	0,0	4,0	1,4	2,1	Reaktiv grense
0,188 - j 0,497	22,089	21,612	21,860	21,802	-0,1	4,0	1,3	2,1	
0,375 - j 0,700	22,079	21,617	21,850	21,791	-0,1	4,0	1,3	2,0	
0,563 - j 0,911	22,068	21,617	21,830	21,771	-0,2	4,0	1,2	1,9	
0,750 - j 1,110	22,057	21,618	21,815	21,756	-0,2	4,0	1,1	1,8	
0,938 - j 1,305	22,046	21,618	21,800	21,741	-0,3	4,0	1,0	1,8	
1,125 - j 1,500	22,035	21,614	21,780	21,721	-0,3	4,0	0,9	1,7	
1,313 - j 1,679	22,025	21,615	21,770	21,711	-0,4	4,0	0,9	1,6	
1,500 - j 1,848	22,015	21,617	21,765	21,706	-0,4	4,0	0,9	1,6	
0,000 - j 3,308	21,914	20,210	20,711	20,645	-0,9	-2,7	-4,0	-3,4	
0,188 - j 3,467	21,904	20,214	20,711	20,645	-0,9	-2,7	-4,0	-3,4	
0,375 - j 3,875	22,096	20,310	20,711	20,645	0,0	-2,2	-4,0	-3,4	
0,563 - j 4,022	22,086	20,312	20,711	20,645	-0,1	-2,2	-4,0	-3,4	
0,750 - j 4,166	22,077	20,313	20,711	20,645	-0,1	-2,2	-4,0	-3,4	
0,938 - j 4,308	22,067	20,313	20,711	20,645	-0,2	-2,2	-4,0	-3,4	
1,125 - j 4,445	22,057	20,312	20,711	20,645	-0,2	-2,2	-4,0	-3,4	
1,313 - j 4,579	22,048	20,311	20,711	20,645	-0,3	-2,2	-4,0	-3,4	
1,500 - j 4,710	22,038	20,309	20,711	20,645	-0,3	-2,3	-4,0	-3,4	

Tabell 5-1 og

Tabell 5-2 viser grenser for drift av generator ved Mjeldelva, uten vindmølle.



Figur 5-1 Krav til reguleringsområde som funksjon av aktiv produksjon ved Mjeldelva uten vindmølle.

Figur 5-1 viser reguleringsområde (skravert i grått) for reaktiv effekt som funksjon av aktiv produksjon, uten vindmølle koblet til radialen. Avvik fra reguleringsområdet ved produksjonsanlegget kan medføre brudd på leveringsforskriftene og/eller overbelastning av distribusjonsnettet (negative verdier er induktivt sett fra nettet).

Tabell 5-3 Spenningsforhold ved tunglast/vinter på radialen ved drift av generator, med vindmølle.

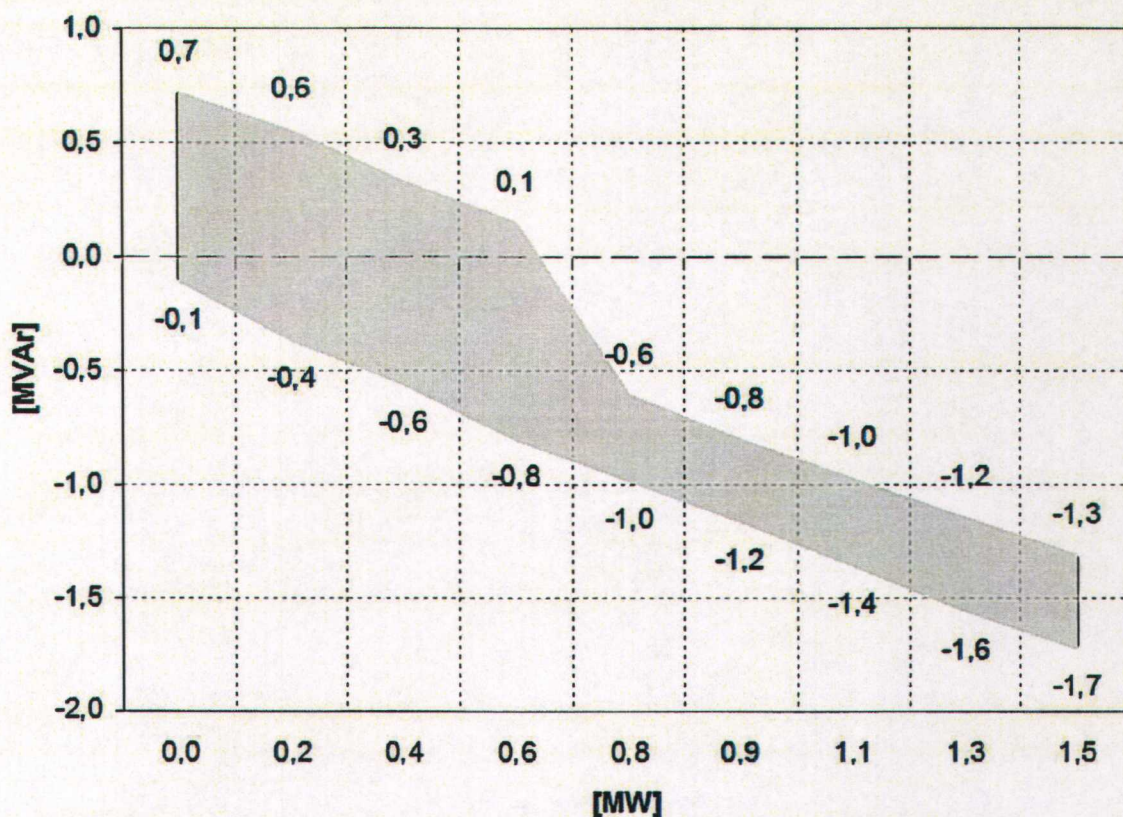
Aktiv og reaktiv produksjon ved kraftverket [MVA]	Spenning [kV]				Spenningsendring [%]				Merknader
	Kvaløya Trafostasjon	Regulertrafo	Mjeldelva	Linje – ende	Kvaløya Trafostasjon	Regulertrafo	Mjeldelva	Linje – ende	
Eksisterende nett, middelvei	22,103	21,141	22,086	21,905	---	---	---	---	Referanse
0,000 + j 5,651	21,932	21,580	22,978	22,668	-0,8	2,1	4,0	3,5	Reaktiv grense
0,188 + j 5,348	21,923	21,616	22,978	22,668	-0,8	2,2	4,0	3,5	
0,375 + j 5,058	21,914	21,649	22,978	22,668	-0,9	2,4	4,0	3,5	
0,563 + j 4,372	21,108	21,813	22,978	22,668	-4,5	3,2	4,0	3,5	
0,750 + j 4,114	22,097	21,839	22,978	22,668	0,0	3,3	4,0	3,5	
0,938 + j 3,860	22,088	21,864	22,978	22,668	-0,1	3,4	4,0	3,5	
1,125 + j 3,615	22,079	21,887	22,978	22,668	-0,1	3,5	4,0	3,5	
1,313 + j 3,376	22,070	21,908	22,978	22,668	-0,1	3,6	4,0	3,5	
1,500 + j 3,145	22,061	21,928	22,978	22,668	-0,2	3,7	4,0	3,5	
0,000 - j 0,108	22,091	20,301	21,650	21,312	-0,1	-4,0	-2,0	-2,7	
0,188 - j 0,364	22,078	20,288	21,600	21,260	-0,1	-4,0	-2,2	-2,9	
0,375 - j 0,558	22,069	20,300	21,600	21,260	-0,2	-4,0	-2,2	-2,9	
0,563 - j 0,800	22,057	20,285	21,550	21,209	-0,2	-4,0	-2,4	-3,2	
0,750 - j 0,983	22,047	20,297	21,550	21,209	-0,3	-4,0	-2,4	-3,2	
0,938 - j 1,163	22,039	20,303	21,550	21,209	-0,3	-4,0	-2,4	-3,2	
1,125 - j 1,356	22,029	20,300	21,530	21,189	-0,3	-4,0	-2,5	-3,3	
1,313 - j 1,555	22,017	20,290	21,500	21,158	-0,4	-4,0	-2,7	-3,4	
1,500 - j 1,719	22,008	20,296	21,500	21,158	-0,4	-4,0	-2,7	-3,4	

Tabell 5-4 Spenningsforhold ved lettlast/sommer på radialen ved drift av generator, med vindmølle.

Aktiv og reaktiv produksjon ved kraftverket [MVA]	Spenning [kV]				Spenningsendring [%]				Merknader
	Kvaløya Trafostasjon	Regulertrafo	Mjeldelva	Linje – ende	Kvaløya Trafostasjon	Regulertrafo	Mjeldelva	Linje – ende	
Eksisterende nett, middelvei	22,103	21,141	22,086	21,905	---	---	---	---	Referanse
0,000 + j 0,711	21,964	21,989	22,250	22,221	-0,6	4,0	0,7	1,4	Reaktiv grense
0,188 + j 0,551	21,931	21,988	22,250	22,221	-0,8	4,0	0,7	1,4	
0,375 + j 0,326	21,921	21,987	22,225	22,196	-0,8	4,0	0,6	1,3	
0,563 + j 0,141	21,911	21,997	22,225	22,196	-0,9	4,0	0,6	1,3	
0,750 - j 0,616	22,082	21,997	22,000	21,970	-0,1	4,0	-0,4	0,3	
0,938 - j 0,804	22,072	21,996	21,985	21,954	-0,1	4,0	-0,5	0,2	
1,125 - j 0,981	22,061	21,996	21,975	21,944	-0,2	4,0	-0,5	0,2	
1,313 - j 1,154	22,051	21,996	21,965	21,934	-0,2	4,0	-0,5	0,1	
1,500 - j 1,317	22,041	21,997	21,960	21,929	-0,3	4,0	-0,6	0,1	
0,000 - j 2,607	21,957	20,771	21,196	21,160	-0,7	-1,8	-4,0	-3,4	
0,188 - j 2,762	21,947	20,774	21,196	21,160	-0,7	-1,7	-4,0	-3,4	
0,375 - j 2,912	21,938	20,776	21,196	21,160	-0,7	-1,7	-4,0	-3,4	
0,563 - j 3,060	21,928	20,778	21,196	21,160	-0,8	-1,7	-4,0	-3,4	
0,750 - j 3,204	21,919	20,779	21,196	21,160	-0,8	-1,7	-4,0	-3,4	
0,938 - j 3,344	21,909	20,779	21,196	21,160	-0,9	-1,7	-4,0	-3,4	
1,125 - j 3,729	22,101	20,872	21,196	21,160	0,0	-1,3	-4,0	-3,4	
1,313 - j 3,861	22,092	20,870	21,195	21,160	0,0	-1,3	-4,0	-3,4	
1,500 - j 3,989	22,082	20,868	21,195	21,160	-0,1	-1,3	-4,0	-3,4	

Tabell 5-3 og Tabell 5-4 viser grenser for drift av generator ved Mjeldelva, med vindmølle.

ANALYSE Småkraftverk – Mjeldelva, Tromsø kommune	Dokument ansvarlig Tony Molund Johansen	Oppdatert: 26.11.2007	Versjon: Foreløpig	Side: 13 av 21
---	--	--------------------------	-----------------------	----------------



Figur 5-2 Krav til reguleringsområde som funksjon av aktiv produksjon ved Mjeldelva med vindmølle.

Figur 5-2 viser reguleringsområde (skravert i grått) for reaktiv effekt som funksjon av aktiv produksjon, med vindmølle koblet til radialen. Avvik fra reguleringsområdet ved produksjonsanlegget kan medføre brudd på leveringsforskriftene og/eller overbelastning av distribusjonsnettet (negative verdier er induktivt sett fra nettet).

5.2 Belastning på 22kV stasjonsavgang fra overliggende trafostasjon

Tabell 5-5 Belastning på aktuell radial for tilknytning av kraftverket, uten vindmølle

Stasjon	Kraftverk i drift	Produksjon Tunglast	Produksjon Lettlast	Tunglast	Lettlast
		[MVA]	[MVA]	[A]	[A]
Kvaløya Trafostasjon	Mjeldelva	1,5 + j 0,0	1,5 + j 0,0	199	20
Kvaløya Trafostasjon	Mjeldelva	0,75 + j 0,0	0,75 + j 0,0	221	39

Tabell 5-6 Belastning på aktuel radial for tilknytning av kraftverket, med vindmølle

Stasjon	Kraftverk i drift	Produksjon Tunglast	Produksjon Lettlast	Tunglast	Lettlast
		[MVA]	[MVA]	[A]	[A]
Kvaløya Trafostasjon	Mjeldelva	1,5 + j 0,0	1,5 + j 0,0	181	6
Kvaløya Trafostasjon	Mjeldelva	0,75 + j 0,0	0,75 + j 0,0	202	20

5.3 Belastning og nettap på berørt nett (med generator)

Tabell 5-7 Last og tap i distribusjonsnett samt trafoer i trafostasjoner, uten vindmølle

Stasjon	Kraftverk i drift	Produksjon Tunglast	Produksjon Lettlast	Tunglast		Lettlast	
		[MVA]	[MVA]	Last	Tap	Last	Tap
				(MVA)	(MW)	(MVA)	(MW)
Kvaløya Trafostasjon	Mjeldelva	1,5 + j 0,0	1,5 + j 0,0	27,696 + j6,941	1,105	6,979 + j1,749	0,224
Kvaløya Trafostasjon	Mjeldelva	0,75 + j 0,0	0,75 + j 0,0	27,696 + j6,941	1,222	6,979 + j1,749	0,206

Tabell 5-8 Last og tap i distribusjonsnett samt trafoer i trafostasjoner, med vindmølle

Stasjon	Kraftverk i drift	Produksjon Tunglast	Produksjon Lettlast	Tunglast		Lettlast	
		[MVA]	[MVA]	Last	Tap	Last	Tap
				(MVA)	(MW)	(MVA)	(MW)
Kvaløya Trafostasjon	Mjeldelva	1,5 + j 0,0	1,5 + j 0,0	27,696 + j6,941	1,159	6,979 + j1,749	0,291
Kvaløya Trafostasjon	Mjeldelva	0,75 + j 0,0	0,75 + j 0,0	27,696 + j6,941	1,194	6,979 + j1,749	0,240

5.4 Kortslutningsytelse og strøm i tilkoblingspunktet for generatorene.

På 66kV samleskinne i Trafostasjon er kortslutningsytelsen 344MVA og benyttes som inngangsverdi ved kortslutningsberegninger ved tilknytningspunkt for kraftverket. I tillegg til kortslutningsytelse på overliggende nett gir tilknyttede kraftverk i distribusjonsnettet bidrag til total kortslutningsytelse i nettet.

Bidrag til kortslutningsytelsen planlagt generator vil gi til samlet ytelse i nettet, er ikke mulig på dette tidspunkt å gjøre rede for. Dette må det eventuelt utføres beregninger på ved et senere tidspunkt når alle tekniske opplysninger er tilgjengelige.

6 TARIFFERING

Innmatingstariffen skal i henhold til forskriftene bestå av to ledd;

- bruksavhengig tariffledd som varierer med kundens løpende innmating av energi. Det bruksavhengige tariffleddet skal bestå av et energiledd og kan i tillegg ha et kapasitetsledd. Energileddet skal avspeile de marginale tapskostnadene i nettet ved innmating i tilknytningspunkt
- andre tariffledd. Sentralnettets innmatingstariffer skal være retningsgivende for andre tariffledd. Avregnet mengde skal være basert på kraftverkets midlere årsproduksjon.

6.1 Bruksavhengig tariffledd (energiledd)

Energileddet blir beregnet ved å bruke formelen:

Kostnader energiledd = systempris (kr/MWh) · marginaltapssats (%) · produsert energi (MWh).

Ved utarbeidelse av tariffprognosen er det brukt priser for 2007, slik de fremkommer i oversikten fra Nord Pool AS. Energileddet baserer seg på beregning av marginaltap i innmatingspunktet for kraftverket. Oppdelt i hver uke, med skille for dag og natt/helg. Marginaltapsprosenten i regional- og distribusjonsnettet summeres med punktmarginal i sentralnettet. Resulterende tapsmarginal (punktmarginal) er vist i tabell 6-1.

Tabell 6-1 Punktmarginal i tilknytningspunkt.

Resultrende punktmarginal [%]				
Vindelleva	Uten vindmølle		Med vindmølle	
	Dag	Natt/Helg	Dag	Natt/Helg
1	-47,98	-26,60	-29,90	-12,56
2	-47,98	-26,60	-29,90	-12,56
3	-47,98	-26,60	-29,90	-12,56
4	-47,98	-26,60	-29,90	-12,56
5	-47,98	-25,27	-29,90	-11,49
6	-45,55	-25,27	-28,02	-11,49
7	-45,55	-25,27	-28,02	-11,49
8	-45,55	-25,27	-28,02	-11,49
9	-44,33	-17,23	-26,80	-4,83
10	-37,07	-17,23	-21,12	-4,83
11	-37,07	-17,23	-21,12	-4,83
12	-37,07	-17,23	-21,12	-4,83
13	-37,07	-17,23	-21,12	-4,83
14	-25,80	-11,50	-12,10	-0,07
15	-25,80	-11,50	-12,10	-0,07
16	-25,80	-11,50	-12,10	-0,07
17	-19,14	-5,87	-6,03	5,13
18	-5,56	3,79	5,30	13,38
19	-1,79	7,10	8,52	16,26
20	3,77	12,03	13,32	20,58
21	3,77	12,03	13,32	20,58
22	3,77	9,92	13,32	22,62
23	2,97	9,92	16,78	22,62
24	2,97	9,92	16,78	22,62
25	2,97	9,92	16,78	22,62
26	2,09	9,11	11,73	17,91
27	3,44	9,27	12,93	18,08
28	2,90	8,77	12,47	17,65
29	-0,19	5,92	9,79	15,16
30	-0,76	5,40	9,31	14,70
31	-6,00	1,41	4,84	11,26
32	-6,00	1,41	4,84	11,26
33	-6,00	1,41	4,84	11,26
34	-6,00	1,41	4,84	11,26
35	-6,00	-2,55	4,84	7,89
36	-12,93	-2,55	-0,95	7,89
37	-14,12	-3,77	-2,15	6,68
38	-14,12	-3,77	-2,15	6,68
39	-14,12	-3,77	-2,15	6,68
40	-23,65	-8,92	-9,96	2,34
41	-23,65	-8,92	-9,96	2,34
42	-23,65	-8,92	-9,96	2,34
43	-23,65	-8,92	-9,96	2,34
44	-23,65	-6,44	-9,96	4,57
45	-25,21	-7,88	-11,46	3,13
46	-25,21	-7,88	-11,46	3,13
47	-25,21	-7,88	-11,46	3,13
48	-25,21	-14,45	-11,46	-2,35
49	-31,28	-14,45	-16,35	-2,35
50	-31,28	-14,45	-16,35	-2,35
51	-36,97	-18,96	-20,92	-6,10
52	-30,81	-23,78	-16,06	-10,08

6.2 Andre tariffledd (residualledd)

Residualleddet er basert på midlere årsproduksjon for det planlagte kraftverket, multiplisert med satsen for innmating. Denne satsen er i beregningene satt til kroner 5,60 per produsert MWh. Ut fra statistikk for vannføring i elven og forventet maksimal effekt på 1,5MW har vi beregnet oss fram til en antatt årsproduksjon på 6,4 GWh. Tabell 6-2 viser avregningsgrunnlaget for produksjonsenheten ved Mjeldelva.

Tabell 6-2 Avregningsgrunnlag for residualledd.

Avregningsgrunnlag for produksjonsenheten				
Stasjon	Antatt årsproduksjon [MWh]	Installert ytelse [MW]	Avregnet mengde [MWh]	Residualledd [kr]
Mjeldelva	6 409	1,5 MW	6 409	35 890

6.3 Kostnad for reaktiv effekt

Ved behov for å trekke reaktiv effekt ut av distribusjonsnettet for å holde spenningen nede benytter Statnett i 2007 en sats på 25 000 kroner per MVA_r. Dersom Statnett velger å fakturere for den reaktive effekten som trekkes ut av sentralnettet, vil denne kostnaden komme i tillegg til energiledd og residualledd.

6.4 Innmatingstariff

Tariffen for kraftverket er vist i tabell 6-3, og viser tariffprognose med og uten vindmølle koblet til den aktuelle radialen.

Tabell 6-3 Prognosert innmatingstariff.

Mjeldelva	Tariffprognose [kr]		
	Energiledd	Residualledd	Sum
Uten vindmølle	-116 134	35 890	-80 244
Med vindmølle	35 885	35 890	71 775

Tariffprognosene må sees på som omtrentlige, og endrede forhold i innmating og uttak av energi til/fra nettet, kan medføre endringer i innmatingstariffen i forhold til prognosert innmatingstariff.

7 KRAV SOM MÅ SETTES FRA TROMS KRAFT NETT AS

Troms Kraft Nett AS må i forbindelse med nett-tilkobling av generator sette krav til utbygger for fortsatt å tilfredsstille kravene om leveringskvalitet, slik at nettet ikke blir forurenset av de planlagte generatorene.

1.1.2005 kom en ny forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet som setter strenge krav til nettselskapet når det gjelder hvilken kvalitet det er på den spenning og strøm som leveres til kundene. Nettet skal totalt sett drives innenfor "Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet" fastsatt av Norges vassdrags- og energidirektorat den 30. november 2003.

Det viktigste punktet er § 3-3, som sier at langsomme variasjoner i spenningens effektivverdi skal være innenfor $\pm 10\%$ i leveringspunktet målt som gjennomsnitt over ett minutt. I tillegg gjelder § 3-5 som beskriver spenningsprang som kan oppstå ved start og stopp av motorlast eller generatorlast.

De andre kravene som forskriften beskriver finnes nærmere beskrevet i forskriften. I tillegg forholder Troms Kraft Nett AS seg til EBL – Kompetanse sin utredning, EBL-K 17-2001 TR A5329 "retningslinjer for nettilkobling av vindkraftverk".

7.1 Termisk grenselast

Nettet i dag består av TXSP 1x3x150 kabler ut av Kvaløya trafostasjon. Radialen går så over til FEAL 1x35 og etter hvert til FEAL 1x50 nærmere det planlagte kraftverket.

For strekningen Trafostasjon til linjeende er termisk grenselast 235A for linjen. Andre årsaker kan gi begrensninger som medfører at det ikke er mulig å belaste linjen inntil termisk grense oppnås.

Eventuelle kostnader for nødvendig utskifting eller montering av nye anleggskomponenter i forbindelse med tilknytning av kraftverket vil belastes utbygger av kraftverket. Figur 5-1/figur 5-2 viser krav til reguleringsområde kraftverket skal holde seg innenfor med hensyn til aktiv og reaktiv effekt.

7.2 Langsomme spenningsvariasjoner

Generator skal ikke bidra med mer enn $\pm 4\%$ spenningsendring ved langsomme spenningsvariasjoner.

7.3 Spenningssprang.

I den nye forskriften til leveringskvalitet er det satt krav til spenningssprang.

Det tillates ikke større spenningsprang en det som er beskrevet i forskriften § 3-5 for spenninger med nettilknytning over 1,0 kV.

7.4 Flimmer

Flimmer i levert spenning hos kundene må i henhold til "Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet" § 3-6 ikke overstige $P_{fl} = 1,0$. For å overholde dette kravet må hver installasjon tilkoblet nettet kun gi et begrenset flimmerbidrag. IEC 61000-3-7 [4] beskriver metoder for å fastsette maksimalt tillatt flimmerbidrag.

Det anbefales i EBL-K 17-2001 TR A5329 "Retningslinjer for tilkobling av vindkraftverk" [1] at beregning av flimmerbidraget kan unnlates hvis flimmerbidraget fra vindkraftverket er mindre enn $P_{fl} = 0,5$ for "long term" flimmer (2 timer) og $P_{st} = 0,7$ for "short term" flimmer (10 minutter).

Dette er et forholdstall slik at det må dokumenteres av produsent av generatoren, at generatoren vil holde seg innenfor dette kravet. Krav til flimmer gjelder for småkraftverk på lik linje med vindkraftverk.

ANALYSE Småkraftverk – Mjeldelva, Tromsø kommune	Dokument ansvarlig Tony Molund Johansen	Oppdatert: 26.11.2007	Versjon: Foreløpig	Side: 19 av 21
--	--	--------------------------	-----------------------	----------------

7.5 Spenningsdipp ved start og stoppløp av generatorer

Start og stopp av generator kan forårsak spenningsdipp, årsaken til dette er magnetiseringen av maskinen. Starten foregår normalt med en frekvensomformer. For å unngå kritisk dipp anbefales det at tillatt negativ spenningsendring som følge av start begrenses til 4 % av nominell spenning (nominell spenning = 22kV).

Dette betyr at hvis spenningen i utgangspunktet er 10 % under nominell verdi hos en kunde, vil den ved start maksimalt redusere spenningen til $100 \% - 10 \% - 4 \% = 86 \%$ av nominell verdi eller 18,9 kV i startforløpet.

Anbefalte grenseverdier i EBL-K 17-2001 TR A5329 "Retningslinjer for tilkobling av vindkraftverk" ved start er 4 %. Grenseverdiene gjelder også for andre typer kraftverk.

7.6 Overharmoniske

De overharmoniske strømmene må begrenses slik at levert spenning hos kundene i nettet overholder grenseverdier for overharmoniske spenninger i henhold til "Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet". For å overholde dette kravet må hver installasjon tilkoblet nettet kun gi ett begrenset bidrag. IEC 61000-3-6 [3] beskriver metoder for å fastsette det maksimalt tillatte bidraget av overharmoniske strømmer fra hver enkelt installasjon. Dette er først og fremst relevant for generatorer med frekvensomformer.

Forenklet kan man si at si at veiledende grenseverdier for overharmoniske strømmer i henhold til IEC 61800-3 [4] kan frekvensomformere tilkoblet et relativt svakt tilknytningsnett slik som dette, finnes på følgende måte. Ved å benytte kortslutningsforholdet bedre enn (Kortslutningsytelse S_k over omformerytelse S_n) $S_k / S_n = 20$.

Dette resulterer i at de overharmoniske strømmene vil bli innenfor det som er beskrevet i de veiledende grenseverdenene.

Dette er et forholdstall slik at det må dokumenteres av produsent av generatoren, at generatoren vil holde seg innenfor dette kravet.

Veiledende grenseverdier for overharmoniske strømmer er ifølge EBL-K rapport

Orden	odde harmoniske I_h (% av I_n)	like harmoniske I_h (% av I_n)
$0 < h < 11$	4,0 %	1,0 %
$11 < h < 17$	2,0 %	0,5 %
$17 < h < 23$	1,5 %	0,4 %

Faktiske grenseverdier anbefales fastsatt ved bruk av metodene i IEC 61000-3-6 [3]

Total overharmonisk skal i henhold til § 3-8 i "Forskrift om leveringskvalitet" ikke være over 8 % som ti minutters middel, eller over 5 % som middel over en uke.

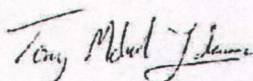
8 KONKLUSJON

- Startstrøm på generatoren må begrenses til å holde seg innenfor de tillatte 4 % i spenningsfall.
- Generatoren skal ikke bidra til mer enn +/- 4 % spenningsendring ved langsomme spenningsvariasjoner.
- Overharmoniske skal ligge innenfor grensen ved bruk av tommelfingerregel, men produsent må dokumentere bidraget i overharmoniske fra generatoren.
- Flimmerbidraget fra generator skal være mindre enn $P_{\text{long term}} = 0,5$ og $P_{\text{short term}} = 0,7$ hvis ikke må produsent dokumentere bidraget nærmere.
- Kompensering skal driftest synkront med generator.
- Maksimal tillatt aktiv produksjon skal ikke være større enn 1,5MW i fravær av automatisk styrt/kontrollert kompensering.
- Enhver tid gjeldende forskrifter til spenningskvalitet skal følges. Forhold som medfører brudd på leveringskvaliteten og kan henføres til produksjonsenhet, vil medføre frakobling inntil forholdet er utbedret av kraftverkets eier.

9 REFERANSER

- [1] EBL-Kompetanse EBL-K 17-2001 TR A5329 "retningslinjer for nettilkobling av vindkraftverk".
- [2] EBL Standardavtale for nettleie og vilkår for nettilknytning herunder Europanormen EN50160.
- [3] IEC 61000-3-6 (1996) Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems.
- [4] IEC 61000-3-7 (1996) Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems.
- [5] "Forskrift om leveringskvalitetet i kraftsystemet" gjeldende fra 1.1.2005.
- [6] "Tilknytning av småkraftverk i Storfjord" – Revidert versjon NORSEC.
- [7] "Tekniske retningslinjer for tilknytning av produksjonsenheter, med maksimum aktiv effektproduksjon mindre enn 10 MW" – SINTEF Energiforskning AS.

Tromsø den 20.11.2007



Tony Molund Johansen
Kraftsystemutreder
Troms Kraft Nett AS

ANALYSE Småkraftverk – Mjeldelva, Tromsø kommune	Dokument ansvarlig Tony Molund Johansen	Oppdatert: 26.11.2007	Versjon: Foreløpig	Side: 21 av 21
--	--	--------------------------	-----------------------	----------------