

## UPOS Reservkraftsö Gnesta

# Bilaga 1 Delrapport Strategi

Rev: C

Datum: 2007-12-14

Uppgjord: Christer Boije af Gennäs

Taki Sweden AB, tel 08-531 70431

Betydande inspel till föreliggande strategiska rapport  
har gjorts av John Åkerlund, Bo Lindemark,  
Torbjörn Johnson, Ove Göransson.

---

<b>TAKI Sweden AB (priv)</b>	<i>Telefon</i>	<i>Telefax</i>	<i>Bankgiro</i>	<i>Bank</i>
<b>Hirdvägen 12</b>	08-531 70431	08-531 70427	5429-4921	SEB
<b>145 72 NORSBORG</b>	070-514 1125			
Styrelsens säte: Stockholm		Orgnr: 556339-7826		

## Innehållsförteckning

<b>1. Inledning och bakgrund</b>	<b>3</b>
Några fakta om Gnesta Kommun	3
Avsikten med denna studie	3
Vad är en reservkraftsö?	4
<b>2. Scenarier för kraftavbrott</b>	<b>4</b>
Scenario för ett större avbrott i Sverige	5
Verkningar av ett större kraftavbrott för Gnesta kommun	6
<b>3. Beskrivning av reservkraftnätets uppbyggnad och funktion</b>	<b>8</b>
Allmänt	8
Funktion	8
Uppbyggnad och kanalisation	8
Samförläggning med stadsnätskanalisationen	9
Annan användbar kanalisation	9
Prioriterade belastningsobjekt	9
Lägenhetsmatning	9
<b>4. Strategier för optimering</b>	<b>10</b>
Tillförlitlighet	10
Optimering av reservkraftsöars storlek och komponenter	11
<b>5. Etappindelning för etablering av reservkraftnät</b>	<b>13</b>
Etapp 1 – Centrala stadskärnan	13
Etapp 2 – Nyetableringsområde norr om järnvägen	14
Etapp 3 – Östra Gnesta	15
Efterföljande etapper och glesbygd	16
Sammanställning av etappkostnader	16
<b>6. Alternativa reservkraftlösningar</b>	<b>17</b>
Generella kommentarer	18
Alt 1. Uppbackning med reservkraft via ordinarie elnät	18
Alt 2. Distribuerade fasta reservkraftgeneratorer vid det ordinarie distributionsnätets lågspänningstransformatorer, utnyttjande detta nät för distributionen	19
Alt 3. Distribuerade fasta reservkraftgeneratorer i mycket små reservkraftsöar	20
Alt 4. Mobila reservverk som kopplas in vid behov	21
Alt 5. Bränslecellkraftverk	21
Alt 6. Reservkraft med hjälp av batteriuppbackning	22
Alt 7. Nya energikällor – sol och vindkraft	22
Slutsats beträffande alternativa lösningar	22
<b>7. Utestående strategiska frågor</b>	<b>23</b>
Nationell nytta av reservkraftsöar som reglerkraft och spetskraft	23
Koncessionsplikt för elnät	23
Anslutning till Vattenfalls matningsnät	24
Energimätning	24
Avtal om underhåll och bränsle	25
Fastighetsnät	25

## Bilagor:

- Bilaga 1.1 Prioriteringslista för reservkraftfunktioner
- Bilaga 1.2 Dimensionerande effektangivelser
- Bilaga 1.3 Pilotinstallation i fastighet

## Referenser:

- 1. Vattenfall Power Consultant 2006-12-04: Risk- och sårbarhetsanalys Gnesta Kommun
- 2. Gnesta Kommunledningskontor: Tjänsteutlåtande av 2006-03-28

## 1. Inledning och bakgrund

Gnesta kommun och Gnestahem genomför utbyggnad av ett optostadsnät för bredbands- och telekommunikation i Gnesta tätort. För övriga orter och landsbygd i kommunen planeras på sikt en motsvarande utbyggnad. Denna utbyggnad innebär att en ny kritisk infrastruktur uppstår, som medför nya behov av tillförlitlig elkraftförsörjning med integrerad reservkraft. Reservkraft för den traditionella kommunaltekniska försörjningen ska förstärkas i samband med denna utbyggnad. Exempel på nya funktioner i denna nya infrastruktur som inte fungerar vid strömavbrott är telefoni (med IP), larmsystem och fjärrövervakning, liksom hemsjukvård med medicinsk elektronik. (För en komplettare förteckning se Bilaga 1.1 Prioriteringslista)

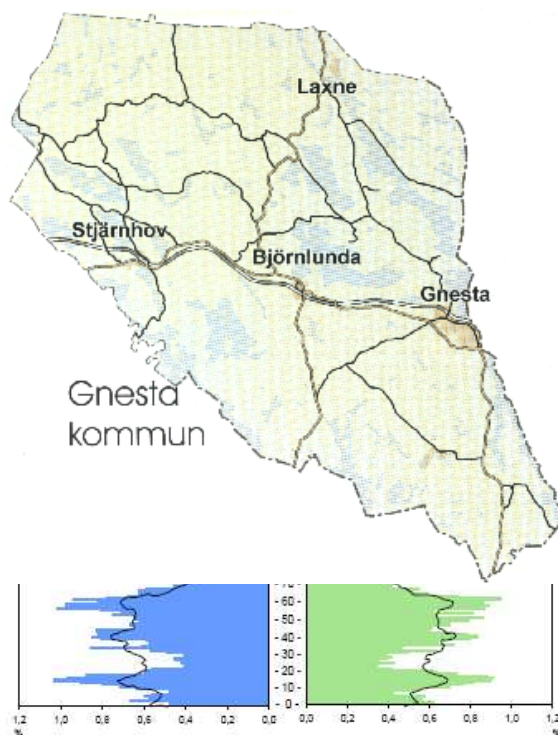
För att säkerställa kommunmedborgarnas trygghet vid bland annat elavbrott behöver elförsörjningens säkerhet och beredskap förstärkas i hela kommunen. Teknik och kostnader utreds i föreliggande studie UPOS-projekt Reservkraftsö Gnesta, och torde sedan kunna tillämpas i övriga orter i kommunen, via Gnestahem till landets övriga SABO-företag och via UPOS till andra kommuner.

### Några fakta om Gnesta Kommun

Gnesta kommun omfattar 460 km<sup>2</sup>, har totalt c:a 10000 invånare, varav 5000 i Gnesta, 800 i Björnlunda, 600 i Stjärnhov, 200 i Laxne tätorter. Övriga invånare bor utanför tätort. Befolkningstätheten i kommunen är 22 invånare/km<sup>2</sup>, vilket ligger nära riksgenomsnittet. Sommartid ökar invånarantalet kraftigt.

Befolkningsprofilen uppvisar övervikt för tonåringar och äldre runt 50-70 år. Däremot finns det en undervikt för 20-30-åringar.

Kommunledningen arbetar på att utveckla och expandera genom att förse kommunen med en modern infrastruktur och flera nya bostadsområden är under byggnad, främst enfamiljshus. I Gnesta tätort finns även flerbostadshus av vilka många tillhör kommunala bostadsföretaget Gnestahem. Stadskärnan är väl samlad med korta gångavstånd till alla kommunala faciliteter. Kommunikationerna är goda, pendelavstånd till Stockholm med pendeltåg och regionaltåg. Gnesta kommun är en utpräglad småföretagarort med över 800 registrerade företag av vilka många är lantbruk, men även en hel del industrier.



### Avsikten med denna studie

Energimyndigheten bedriver ett utvecklingsprojekt för privat-offentlig samverkan – UPOS - för att förstärka elförsörjningens säkerhet och beredskap i landet. UPOS uttyds ”Utvecklingsprojekt för Privat och Offentlig Samverkan”. Bakgrunden är att man anser att en ökad risk för naturkatastrofer/stormar, tekniska fel och terroristangrepp är ett reellt hot. Regeringen uttalade 2005-02-03 att läget är så allvarligt att det krävs skärpta åtgärder och nya metoder för att stärka elförsörjningens säkerhet och beredskap, framför allt på lokal nivå.

I samband med att frågan har kommit upp till diskussion i Gnesta har Gnesta Kommun uppdragits av Energimyndigheten att i form av ett UPOS-projekt genomföra en förstudie avseende en reservkraftsö

för reservelförsörjning av kommunalteknisk försörjning, vård och omsorg samt Gnesta nya stadsnät för bredband, som levererar TV, internetuppkoppling och telefoni.

Denna rapport är en del i denna förstudie, omfattande **strategiska frågor, övergripande utformning och förslag till etappindelning** för realiseringen av ett sådant reservkraftsö-projekt. Rapporten relaterar även den angivna lösningen till andra alternativ att nå samma mål.

## Vad är en reservkraftsö?

Ett sätt att förbättra säkerheten i elförsörjningen är att generellt förstärka riksnätet och lokala delar av elnätet. Detta arbete pågår kontinuerligt. Dessvärre är det mycket kostsamt (mångmiljardinvesteringar) och ger ganska begränsade effekter för den lokala situationen per investerad krona.

Många enskilda förbrukare och industrier håller sig därför med egna reservkraftanläggningar avsedda att säkra den egna produktionen. Oftast kommer av olika skäl (se koncessionsreglerna i avsnitt 7) dessa enskilda reservkraftanläggningar inte till nytta för allmänheten trots att de ofta har mycket stor överkapacitet.

Det har därför föreslagits att man för att säkra både samhällets och allmänhetens energibehov upprättar publika s k "reservkraftsöar", dvs. overlay-nät med reservkraft där många kan dela på ett reservkraftverk. Genom att man har ett separat, "extra", nät ökar säkerheten mångfald, även vid lokala avgrävningar och andra fel i eldistributionen. Nätet behöver inte alls dimensioneras för samma effekt som det ordinarie nätet eftersom det är till för att mata endast prioriterade, relativt effektsnåla, funktioner. Det kan därför göras till ganska låga kostnader. Än lägre blir kostnaden om man, som i Gnesta, kan utnyttja befintlig kanalisering att föra fram det i.

Man täcker alltså ett begränsat område med ett och samma nät, en reservkraftsö. Behöver man utvidga utanför ekonomiskt distributionsavstånd så bygger man en ny reservkraftsö.

Föreliggande förstudie utformar och dimensionerar reservkraftsöar för Gnesta. I en förlängning bör resultatet av förstudien kunna leda till att ett eller flera pilotprojekt realiserar i Gnesta eller på annat håll.

## 2. Scenarier för kraftavbrott

Statistiskt sett utsätts varje svensk för i storleksordningen ett kraftavbrott per år. Varaktigheten är bortåt en timme, även det statistiskt sett. Många utsätts för flera avbrott, och många inget alls.

De flesta upplever detta som besvärligt, men inte som någon katastrof. Många noterar det inte alls, eller glömmar det så snart som spänningen har återkommit.

Sannolikheten för långa och katastrofala avbrott är inte särskilt stor, statistiskt sett.

Liksom i Tage Danielssons sketch om kärnkraften så upplevs dock sannolikheten öka kraftigt när det väl skett ett större avbrott. Och det har det, i många länder i Europa och i USA.

Verkningarna av ett större avbrott ökar år från år, i takt med att vi gör oss alltmer beroende av kontinuerlig eltillgång, för kommunikation, information, uppvärmning, datorer etc.

Detta beroende finns väl kartlagt i Prioriteringslistan Bilaga 1.1.

Sannolikheten för att ett stort avbrott ska inträffa ökar likaledes, man behöver bara tänka på risker som klimatkatastrofer och terrorism så inser man detta.

Scenariet som beskrivs i det följande förutsätter dock varken terrorism, klimatkatastrofer eller andra extraordinära omständigheter. Det enda det förutsätter är att det blir en kall vinter, med rejäl kyla några veckor i följd i landet, vad meteorologerna kallar en *tioårsvinter*, plus lite fullständigt normal otur (eller snarare brist på osannolik tur).

## Scenario för ett större avbrott i Sverige

1. Medelförbrukningen av elkraft i Sverige under ett år är c:a 17 500 MW. Maximala tillgången på effekt i svenska kraftnätet är c:a 28 000 MW (megawatt).
2. En vinter, som statistiskt inträffar vart tionde år, med -15 grader och lägre i större delen av Sverige, kommer man att ligga nära full belastning. Det har kalkylerats att endast c:a **170 MW finns som tillgänglig reserv** i ett sådant läge.
3. Om det då inträffar ett snabbstopp vid ett kärnkraftverk, t ex Oskarshamn, faller 500 MW bort ur nätet. Sådana snabbstopp inträffar som bekant ganska ofta i Sverige numera. **Det fattas då c:a 300 MW.**
4. Vid en sådan vinter är det troligen kallt både i Finland, Norge och norra Tyskland. Alltså är möjligheterna att täcka underskottet med import små.
5. Elproducenterna tvingas då ransonera förbrukningen. Detta genomförs enligt den planering som finns genom s k **roterande fränkoppling**, innebärande att strömmen tas bort för två timmar i alternerande områden. Därefter kopplas strömmen tillbaks och ett annat område får strömavbrott.
6. Temperaturen i ett enfamiljshus sjunker med c:a 3 grader per timme. (Det spelar ingen roll att inte huset är eluppvärmt, cirkulationspumpen stannar i alla fall utan el). Alla termostater kommer alltså att ligga i tilläge vid återinkopplingen. En hel del annan last kommer också att ligga tillslagen.
7. Risken är att vid återinkopplingen kommer kraftnätet att utsättas för så stor överbelastning att skydden utlöser. Nytt inkopplingsförsök med sannolikt samma resultat. Risk för följdstörningar i nätet uppstår.
8. Svenska Kraftnät kan då tvingas som resultat av detta av rent tekniska skäl att göra **prioriteringar av vilka kommuner som ska få ström** och vilka som får vara utan under en längre tid – kanske flera dagar.
9. Veterligen finns ingen utarbetad plan för denna prioritering, men det är osäkert om Gnesta kommun hamnar bland de prioriterade.

### {Slut scenario}

Ingen kan säga när detta eller något liknande inträffar, eller exakt hur omständigheterna kommer att vara. Det enda man säga är att händelseförloppet inte verkar otroligt.

Den i denna utredning förslagna reservkraftlösningen hanterar inte bara detta felscenario utan även de flesta andra tänkbara scenarios för elavbrott.

### Faktaruta: Stormen Gudrun 2005

730 000 kunder initialt utan elström. 20 dagar efter stormen fortfarande 20 000 kunder utan elektricitet. För vissa kunder varade elavbrottet 45 dygn. Merkostnad för samhället 4-5 miljarder kronor, enskildas förluster ej medräknade.

Erfarenheten visar att om man garderar sig för att hantera väntade situationer så har man också större möjlighet att hantera det oväntade. Om svenska regeringen hade gjort sin hemläxa beträffande krisledningsorganisation i förväg så hade man troligen haft betydligt bättre förmåga att hantera den så fullständigt oväntade tsunami-katastrofsituationen.

### Internationellt: Fingrid varnar för elstopp i vinter

#### Brist på elektricitet hotar Finland i vinter, meddelar stamnätsbolaget Fingrid.

Fingrids VD Jukka Ruusunen säger till Yle att det i värsta fall betyder att elektriciteten i hushållen lokalt måste stängas av under korta intervaller. Om det blir en kall vinter är det enligt Ruusunen dessutom mycket troligt att så kommer att ske. Problemet är enligt Ruusunen att Finland inte längre har kapacitet att producera så mycket el som behövs under produktionsstopparna - och Rysslands elproduktion har inte hunnit med i landets snabba ekonomiska utveckling.

Om avstängningar blir aktuella, kommer Fingrid att ta i bruk ett roterande system, så att samma område inte drabbas ofta. I praktiken skulle elektriciteten stängas av i några timmar.

YLE Internytt 28 oktober 2007

## Verkningar av ett större kraftavbrott för Gnesta kommun

Den initiala förstudien till detta projekt, utförd av Vattenfall "Risk- och sårbarhetsanalys Gnesta Kommun" (Ref 1), sammanfattade konsekvenserna av ett strömavbrott på upp till 6 timmar enligt följande:

*"Uppvärmning vintertid, matlagning samt risk för försämrad vårdkvalitet är viktiga konsekvenser av ett strömavbrott. Vid långa avbrott uppstår kostnader på flera ställen såsom exempelvis ersättning av förstörda matvaror.*

*Hur allvarligt ett strömavbrott blir beror på avbrottets längd men även på årstid, väder och tid på dygnet. En sommarnatt är konsekvenserna små men vintertid vid tidpunkt då matlagning ska ske blir konsekvenserna betydligt mer allvarliga.*

*Larmfunktioner bör ses över så att de inte slås ut vid elavbrott.*

*Uttag för anslutning av reservkraft finns på flera ställen men tycks testas endast i begränsad omfattning. Detta bör ske regelbundet – framförallt på de ställen där elavbrott får allvarliga konsekvenser."*

Utgående från denna risk- och sårbarhetsanalys gjordes 2007-09-28 en fördjupad genomgång av konsekvenserna av avbrott i elförsörjningen till Gnesta av projektgruppen tillsammans med ett antal kommunansvariga och experter. Därvid tittade man även på avbrott längre än 6 timmar samt gjorde en värdering av konsekvensernas allvar. Resultatet av denna genomgång återfinnes i sin helhet i Bilaga 1.1 "Prioriteringslista för reservkraftfunktioner".

Det följande är en kortfattad sammanfattning av konsekvenserna i Gnesta kommun. I samtliga fall fördjupas konsekvenserna ju längre avbrottet varar.

### Kommunal administration

Krisledning, information och kommunikation till medborgarna (websida, telefoner) försvåras dramatiskt liksom att kontorsverksamhet och kommunal service förhindras. Följdverkningarna inträder ganska snart, men ökar i betydelse ju längre avbrottet varar. Uttag för inkoppling av mobil reservkraft finns på kommunhuset, vilket kan minska problemen.

### Polis och Brandkår

Akuta ingripanden vid brott, brand och olyckor försvåras. Oklart hur radio- och larmförbindelser påverkas av ett längre avbrott men sannolikt blir det besvärligt.

### Kommunal teknisk verksamhet

Vattenförsörjningen kommer att fortsätta fungera några timmar i tätorten (vattentorn), medan i andra delar av kommunen vattnet försvinner omedelbart. Sedan blir det torrt.

Avloppen riskerar svämma över efter några timmar och går ut orenade i sjön. Reservkraft för att motverka denna situation finns delvis. Efter c:a sex timmar blir det stopp i trafiken vid Mariefredsvägens järnvägsviadukt pga. översvämning, men vägövergång finns längre västerut.

Fjärrvärmeverket upphör att fungera, vilket innebär att värmeleveranserna till fastigheterna upphör. För att hålla igång värmeverket kan man koppla in mobil reservkraft. Emellertid är detta till föga glädje eftersom cirkulationspumparna i fastigheterna stannar omedelbart vid elavbrott och förblir stående.

I ishallen börjar isen smälta efter c:a 6 timmar. Risk för vattenskador.

### Vård och omsorg

Detta är kanske det område där man ser de mest dramatiska konsekvenserna redan vid korta avbrott. I vården av patienter med livsuppehållande utrustning (respiratorer etc.) inträder problemen omedelbart. Många av dessa apparater kan nuförtiden inte köras manuellt utan ström. Att en del av denna vård äger rum i form av hemsjukvård minskar inte problemen.

Även den mindre akuta vården av sjuka och äldre drabbas omgående av problem. Larm och belysning upphör att fungera. Detta innebär ökad risk och patienterna reagerar med ångest och panik. Över-

vakning måste ske med personalinsatser. Konsekvenserna märks redan efter en relativt kort stund med avbrott.

Vårdkvaliteten försämras eftersom journaler blir oåtkomliga.

Efter ett antal timmar skapar svårigheterna med att hålla patienterna med varm mat ytterligare påfrestningar. Om avbrott inträffar vintertid har inomhustemperaturen sjunkit påtagligt redan efter sex timmar. Patienterna fryser.

### **Bostäder och Fastighetsutrustning**

Leveranser av värme och ventilation upphör omgående eftersom cirkulationspumpar för fastighet och värmeväxlare slutar att fungera. Resultatet är att, om avbrottet inträffar då det är kallt ute, rumstemperaturen sjunker relativt snabbt. Erfarenheten visar att inomhustemperaturen sjunker med c:a 1 grad per timme i ett flerbostadshus och 3 grader per timme för en liten enfamiljsfastighet, om det är -15 grader utomhus. Detta innebär att de flesta människor redan efter ett avbrott på 6 timmar upplever klara olägenheter. Att detta i sin tur leder till att mindre lämpliga uppvärmningsmetoder kommer till användning ökar kraven på att brandkår och sjukvård fungerar elavbrottet till trots.

Larm och styrning (t ex elektriska lås) i fastigheterna upphör omedelbart att fungera. Hissar och belysning i trappor och gemensamhetsutrymmen slocknar och stannar omedelbart.

Osäkerhet och otrygghet sprider sig i och med att information, internet, TV, telefon upphör att fungera, något som sker i stort sett omedelbart. Detta hänger samman med att stadsdatanätet liksom IP-telefoni omedelbart upphör vid strömavbrott. Erfarenheten visar att man kan i bästa fall räkna med att mobiltelefonerna fungerar i tre timmar efter att ett strömavbrott inträffat, ofta kortare tid. Basstationerna stannar, antingen till följd av överbelastning eller brist på ström. Myndigheter och elverk kan inte komma i kontakt med abonnenterna för be dem koppla ifrån överlast.

Till detta kommer problem med matlagning. Uppfinningsrika, men ovana, människor sätter sin lit till utomhusgrillar, trangiakök, brasor och liknande mysiga men riskfyllda metoder, inte avsedda för inomhusanvändning.

Det är mörkt och man lyser sig med stearinljus och ficklampor vilket inte minskar inte riskerna.

### **Servicefunktioner**

Det har redan nämnts att optonätet, telefoni och mobiltelefoni upphör att fungera omedelbart eller efter högst tre timmars fördröjning. Bensin- och bränsleförsäljning liksom alla livsmedelsaffärer, systembolag etc. stoppar sin försäljning omedelbart, dels pga. att man saknar möjligheter att ta betalt och dels för att man inte har el att pumpa upp bränslet med. Detsamma gäller banker och bankomater. Bränslet till bilar och reservelverk tar slut redan efter mindre än ett halvt dygn och det går inte att få mer.

### **Skolor**

För undervisningen innebär det att belysning, värme och IT-stöd avbryts samt att matberedningen försvåras eller upphör. Man lär få skicka iväg eleverna ganska snart.

### **Industrier och arbetsplatser**

Det kan verka självklart att processberoende industri och övrig industri, beroende av el för att upprätthålla verksamheten, självmant skaffar sig reservkraftmöjligheter. Så är dock inte alltid fallet. Även om de långsiktiga samhällsförlusterna kan vara betydande är det dock knappast produktionsbortfallet som kommer att vara mest kritiskt i en situation med långvarigt elavbrott.

### **Andra beskrivningar av verkningar av ett elavbrott**

Den som tycker att ovanstående faktabaserade uppräkningsverkningar av ett medellångt elavbrott är alltför torr och summarisk rekommenderas att ta del av Krisberedskapsmyndighetens broschyrer i ämnet där man har utvecklat det hela i en dramatisk form. Se även filmerna om Elavbrott och Isstorm på KBM:s websida <http://streamsync.qbrick.com/02075/20060330/>

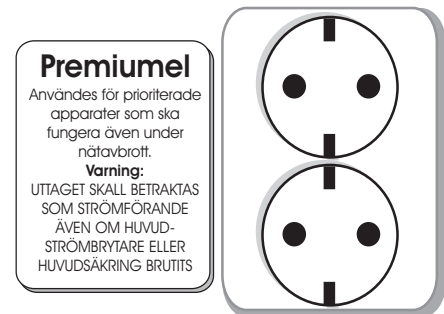
Ta också del av bilaga 1.1 "Prioriteringslista" där konsekvenserna är systematiskt uttryckta i tabellform, med krassa prioriteringar efter deras betydelse i samhället.

### 3. Beskrivning av reservkraftnätets uppbyggnad och funktion

#### Allmänt

Nätet består av en centralt placerad reservkraftstation med reservkraftgenerator, ställverk med automatik och transformator samt distribution helt skild från det ordinarie elnätet. På detta sätt får man genom redundans i elförsörjningen en avsevärt bättre tillförlitlighet än vad någonsin en förstärkning av ordinarie elnät kan åstadkomma.

I varje brukarlägenhet eller plats där man önskar ha säker elförsörjning har man ett godtyckligt antal uttag för säkrad kraft, kanske ett per rum, utöver uttagen för det ordinarie elnätet. De prioriterade belastningarna ansluts permanent till de säkra uttagen. Det är också möjligt att i händelse av avbrott flytta belastning från ordinarie nät till reservkraftnätet genom att helt enkelt flytta stickkontakter till de säkrade uttagen. Man måste i så fall vara uppmärksam på att man inte överskrider tillåten uttagbar effekt från säkra nätet. Varje säkrat uttag är märkt med en speciell skylt.



#### Funktion

I normal drift, då ordinarie nätet har ström, matas reservkraftnätet med kraft från detta. Vid nätbortfall startar reservkraftsgeneratoren och omkoppling till matning av reservkraftnätet från denna sker automatiskt. Det kan alltså bli ett kort avbrott, c:a 1 minut, innan reservkraften träder in. Sedan matas anslutna förbrukningsapparater obehindrat från reservkraftnätet även vid längre kraftavbrott.

Då ordinarie elkraft återkommer väntar reservkraften en viss tid tills nätet stabiliserat sig och fasas sedan in mot ordinarie nät samt kopplas omärkligt över utan avbrott.

Reservkraftsgeneratoren stoppas därefter så snart man finner att omkopplingen gick bra.

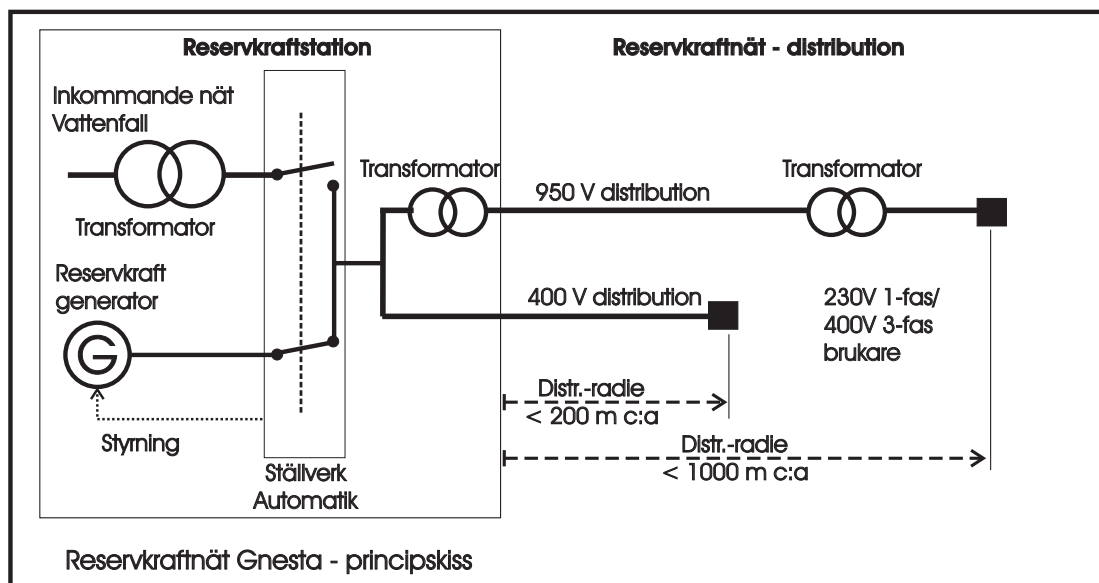
Hela förloppet sker automatiskt.

Man ska vara uppmärksam på att det korta avbrottet tills reservkraften träder i funktion kan göra att en del apparater (t ex datorer) måste startas om. I de fall där detta inte är tillåtet måste helt andra lösningar tillgripas, så kallad avbrottsfri kraft, UPS. Det är alltså viktigt att skilja på begreppen reservkraft och avbrottsfri kraft. Även i det fall om man har en UPS-anläggning som ger avbrottsfri kraft har den ändå nytta av att matas från reservkraftnätet i och med att den då kan dimensioneras för kortare batterireservtid och därmed blir billigare.

#### Uppbyggnad och kanalisation

Reservkraftstationen inryms i lämplig byggnad eller container på central plats i nätet. Från denna distribueras 400 V trefas växelström till närliggande förbrukningsställen. Till längre bort belägna förbrukningsställen distribueras 950 V trefas spänning för att hålla ned förluster och kabeldimensioner. Denna 950 V spänning transformeras åter till 400 V i närheten av förbrukaren. Förbrukarna får i normalfallet tillgång till vanlig enfas 230 V växelspanning eller trefas 400 V vid behov (pumpar, motorer etc.).





Principschema för reservkraftsö, bestående av reservkraftstation med distribution fram till varje fastighet. Fyrkanterna markerar anslutningspunkt i UC-rum eller motsvarande.

## Samförläggning med stadsnätskanalisationen

Distributionen sker i kablar som så långt som möjligt förläggs i befintliga kulvertar och rör i området. I de flesta fall i det föreslagna projektet kommer kablarna att kunna gå tillsammans med det nya opto-stadsnätet. Det finns ingen risk för störningar eller säkerhetsproblem med detta. I övrigt utnyttjas existerande kulvertar mellan fastigheterna. I några få fall, på korta sträckor, kommer nya rör att behöva läggas vilket innebär grävning, med de kostnader detta innebär.

## Annan användbar kanalisation

Det finns annan kanalisation inom området som skulle ha kunnat utnyttjas, t ex Telias. Det är möjligt att denna skulle ytterligare minskat behovet av grävning. På förfrågan har Telia vägrat tillträde till dokumentation om denna kanalisation. Vi har alltså inte kunnat verifiera vilka besparingar som skulle ha kunnat göras.

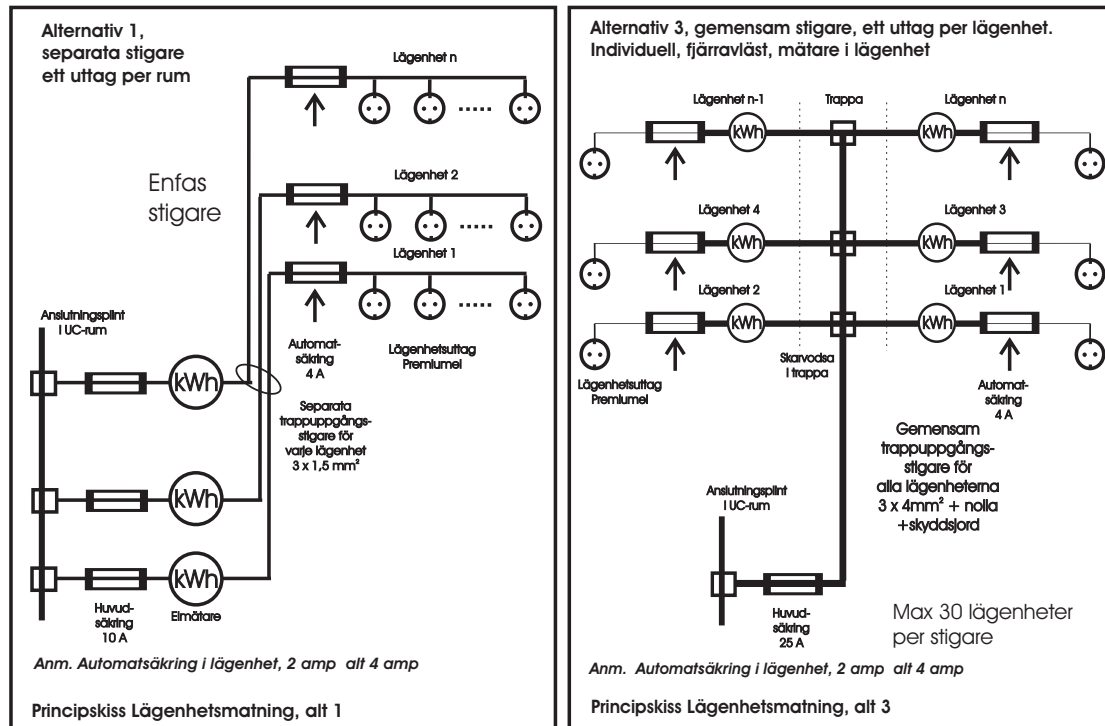
## Prioriterade belastningsobjekt

Exempel på prioriterade laster som är lämpliga att mata från reservkraftnätet är valda delar av belysning och nödbelysning i lägenheter, butiker, samlingslokaler och institutioner. Larmsystem, vårdutrustning och liknande borde också vara prioriterade liksom cirkulationspumpar för uppvärmning av fastigheter. Utrustning för kommunikation med omvärlden, telefon (IP-telefoni), radio och TV, dator bör också vara viktigt i en krissituation. Hissar måste man ta ställning till i varje enskilt fall. Kortvarig värmning och matlagning med strömsnåla metoder t ex mikrovågsugn bör kunna ske liksom att kyl och frys bör hållas i drift under längre avbrott. Att samhällsfunktioner som kommun- och krisledning, polis och brandkår skall ha anslutning till reservkraftnätet är självklart. Se vidare bilaga 1.1, "Prioriteringslista för reservkraftsfunktioner."

## Lägenhetsmatning

Det finns flera olika alternativ för hur man kan utforma lägenhetsmatningen, dvs. den del av distributionsnätet som för fram reservkraften till varje lägenhet från den inkommande anslutningspunkten i källare eller UC-rum i varje fastighet.

Följande bilder visar två av alternativen, separata stigare för varje lägenhet eller gemensam stigare per trappuppgång. Det finns även flera mellanliggande alternativ till dessa båda huvudalternativ. Vilken lösning som väljs kommer att skilja från fall till fall. Kraven på hur många anslutningspunkter man önskar i den enskilda lägenheten, fastighetslayouten och trappuppgångens utformning är viktiga faktorer här. Under Etapp 1 i kapitel 5 framgår exempel på alternativens kostnader.



Två av alternativen för lägenhetsmatning. Se även tabell 5-1 (kapitel 5)

## 4. Strategier för optimering

### Tillförlitlighet

Tillförlitligheten för ett sådant här system är givetvis föremål för omfattande och återkommande diskussioner. Enligt erfarenheten förekommer det att reservkraftsgeneratorer inte startar som de ska när de behövs. Ett exempel är Forsmarks kärnkraftverk juli 2006 där vid en incident två av fyra reservelverk till nödkylningssystemet inte startade p g a systemfel.

Vi har därför allvarligt övervägt att förse reservkraftstationerna med flera diesellaggregat i parallell plus ett i reserv, s k **N+1-redundans**.

Vi har därvid kommit fram till att den ökade komplexiteten och starkt ökade kostnaden för detta inte motiveras av motsvarande ökning i tillförlitlighet, om det ens i praktiken blir någon alls.

Kortfattat är resonemanget bakom detta följande:

Reservkraftnätet med separat distribution och reservkraftstation är i sig själv redundant till ordinarie elnätet. Tillförlitlighetsteorin konstaterar att största vinsten i säkerhet erhålls i steget när man går från ett singelsystem utan redundans (som ordinarie elnätet) och tillför ett oberoende redundant system (reservkraftnätet). Om man tillför ytterligare redundanta system blir inte alls tillförlitlighetsvinsten lika stor.

Reservkraftnätet är förvisso helt beroende av funktionen hos reservkraftstationen, dvs. att reservkraftverket startar då det behövs, men en extra diesel innebär att man inför "reserv till reserven", vilket lätt leder till överdrifter.

Undersökningar visar att de vanligaste orsakerna till fel vid start av reservverk är

- a) krånglande automatik
- b) dåligt startbatteri
- c) att bränsle saknas

Krånglande automatik orsakas ofta av fel i parallellkörningsautomatiken för generatorerna. Ett sätt att minimera risken för detta är att använda så enkel startautomatik som möjligt, något som bl a innebär att man undviker parallellkörning av flera dieslar.

Beträffande startbatteri och bränslehantering så förbättras inte situationen av att införa flera reservaggregat. Boten är i stället professionellt underhåll, något som förbilligas och förenklas av att använda ett enda aggregat.

Konsekvenserna av en eventuell utebliven start har också diskuterats: Om startautomatiken på något sätt skulle missa bör man med ganska liten fördröjning kunna bege sig till reservkraftstationen och starta manuellt, vilket givetvis är besvärande, men knappast katastrofalt.

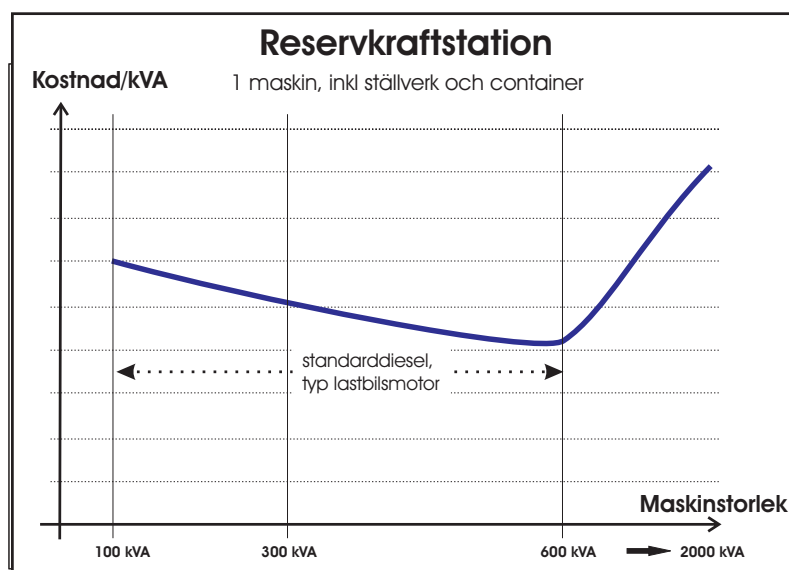
### Slutsats

Vi har alltså beslutat att som projekteringsstrategi, så långt möjligt, förse varje reservkraftnät med en reservkraftstation med ett enda reservverk, ställverk och automatik. Därvid har vi tagit hänsyn en avvägning av kostnad mot tillförlitlighetsaspekter. Inget hindrar givetvis att oberoende reservkraftstationer för flera nät kan samlokaliseras, om det sänker kostnaden.

### Optimering av reservkraftsöars storlek och komponenter

Den modularitet som används bygger på balansering av antal reservkraftstationer mot praktiskt användbara distributionsavstånd för varje område. Flera stationer betyder högre underhållskostnader och sämre hanterbarhet, medan större distributionsavstånd betyder högre förluster och större kabelkostnader.

Vid val av reservkraftverkens motorer och generatorer är det gynnsamt såväl ur investeringskostnads- och beredskaps-/krishanteringssynpunkt att välja enheter som serieproduceras även för andra ändamål, t ex för fordon (**Randvillkor 1**). Därmed underlättas service och reservdelshållning och man minskar behovet av specialutbildad personal. Det visar sig också att kostnaden per kVA sjunker ju större man gör aggregaten så länge man håller sig inom detta randvillkor. Det är alltså lönande att hålla sig till få och större standardenheter jämfört med många och små. Likaså är det inte kostnadseffektivt att använda alltför stora enheter, vilket framgår av bilden.



Kostnad för reservkraftstation som funktion av vald maskinstorlek.



**Kostnadsfördelning mellan anläggningsdelar för Gnesta Etapp 1.**

Vid val av elnätmaterial är det viktigt ur investeringskostnads- och underhållssynpunkt att välja samma standardutrustning som används i övrig lågspänningsdistribution. Ett nytt lågspännings distributionssystem med 950 V systemspänning har nyligen utvecklats i samband med det stora kabelfieringsprojektet efter stormen Gudrun. Distributionsavstånd på upp till c:a 250 meter kabellängd kan utföras med vanlig 400 V och upp till c:a 1 km med 950 V trefassspänning (**Randvillkor 2**). Denna senare distributionsspänning innebär att transformatorer finns i nätet. Här har modulariteten valts till c:a 50 kVA per transformator. Möjlighet finns att välja även 16 kVA transformatorer för grenar där belastningen är låg.

Våra kostnadsanalyser, grundade på Etapp 1 i Gnesta, visar att själva distributionsnätet utgör en relativt låg kostnad jämfört med kostnaden för reservkraftstationen. Förutsättningen för detta är att befintlig kanalisation för nätet kan utnyttjas i stor utsträckning, vilket är fallet i Gnesta. Följaktligen prioriterar vi lång distribution framför många reservkraftstationer, med randvillkor enligt ovan.

1. Vi har därför stannat för att utföra reservkraftstationerna med en effekt på upp till c:a 600 kVA per enhet, vilket ungefärligen motsvarar de största standardproducerade enheterna för närvarande (enligt randvillkor 1).

2. Modulariteten innebär att om distributionsavstånden från reservkraftstationen väsentligt överstiger 1000 m så bygger man en ny reservkraftsö (enligt randvillkor 2).

På detta sätt kan också utbyggnadsbeslut och investeringar tas successivt något som är gynnsamt ur besluts- och finansieringssynpunkt.

## 5. Etappindelning för etablering av reservkraftnät

Som pilotprojekt för ett reservkraftnät är Gnesta mycket lämpligt och belysande för många frågeställningar. Den väl samlade stadskärnan, där viktiga samhällsfunktioner nås inom några få hundra meters radie, plus koncentration av bostäder inom samma område ger små distributionsavstånd. Vid anläggande av det nya stadsdatanätet har man varit förutseende nog att ta till kanaliseringen så att den i många fall även kan användas för reservkraftkablar.

Gnesta är också ett framåtblickande och expansivt samhälle. Nya bostads- och industriområden etableras norr om järnvägen. Vid projektering av dessa har man lagt in anslutningsmöjligheter till stadsdata-nätet vars kanalisering i sin tur har dimensionerats så att även reservkraft kan inkluderas.

Se översiktskarta.

Vid etappindelningen tas hänsyn bl a till behov av reservkraft, distributionsavstånd, tillgängliga maskinstorlekar, modularitet och underhållsbehov.

**Den etappindelning som föreslås för etablering av reservkraftnätet är följande:**

## Etapp 1 – Centrala stadskärnan

En reservkraftstation placeras vid hörnet Landshammarsgatan på den plats där en provisorisk värme-central tidigare stått (innan fjärrvärmenätet togs i drift).

Denna reservkraftstation får mata dels vårdcentral och sjukhem, Liljedalshemmet och Frustunagården i sin helhet, dels kommunhus (Elektron och Proton), polis- och brandstation samt Gnestahems fastigheter som är anslutna till etapp 1 av stadsdatanätet. Möjlighet finns även att ansluta banker och butiker utefter Västra Storgatan, (t ex ICA i Proton, systembolag etc.).

Etapp 1 omfattar c:a 700 lägenheter samt samhällsfunktioner och butiker med en dimensionerande belastning på 370-400 kW.

Till detta kommer att Etapp 1 föreslås mata även vårdhem och vårdcentral i sin helhet vid Liljedals-hemmet-Frustunagården, med en beräknad effekt på c:a 200 kW.

Det föreslås att husen vid Granbackahöjden undantas i Etapp 1 eftersom distributionsavståndet är långt och det inte finns kanalisation som duger för reservkraftnätet ända fram till husen. Det är dock tekniskt fullt möjligt att inkludera dem, men troligen till en högre marginalkostnad.

Man kan räkna med att 2000 människor direkt kommer att kunna dra nytta av reservkraften i Etapp 1 och många flera indirekt.



## Förslag till Etapp 1 av reservkraftnät Gnesta

Reservkraft till vattenförsörjning och avlopp inkluderas inte i Etapp 1 eftersom de dels är svåra att nå med befintlig kanalisation, dels finns det reservtid i form av vattentorn och i något fall även reservverk, om än skraltigt.

Etapp 1 kommer att förse samtliga fastigheter i området med el till cirkulationspumparna för fjärrvärme. Däremot når man inte i Etapp 1 fram till fjärrvärmeverket med reservkraft. Detta har ingen egen reservkraft installerad, däremot finns möjlighet att ansluta en mobil enhet. Eftersom funktion av fjärrvärmen kräver att både fastigheternas cirkulationspumpar är igång och att fjärrvärmeverket fungerar förutsätter vi att det senare tills vidare matas med ett mobilt reservkraftverk vid elavbrott. Etapp 2 däremot kommer att ge fjärrvärmeverket permanent tillgång till reservkraftmatning, vilket löser problemet.

Stadsdatanätets kanalisation kan till stor del utnyttjas som den är, och endast kortare sträckor behöver grävas för ny kanalisation i Etapp 1.

Eventuellt kan Etapp 1 delas i två delar varav den ena skulle kunna vara Liljedalshemmet och vårdcentralen, medan nästa del skulle vara resten. Under alla omständigheter bör hela Etapp 1 detaljprojekteras samtidigt.

Se kartor och projekteringsunderlag för Etapp 1 i bilaga 2 "Teknisk dimensionering och förprojektering med kostnadsberäkning för reservkraftsö i Gnesta" för närmare detaljer.

De flesta fastigheterna i Etapp 1 är flerbostadshus. Vi har gjort en översyn av fastigheterna och vilken lägenhetsmatning som skulle behövas. Resultatet visar att valet av typ av lägenhetsinstallationer är viktigt för ekonomin i projektet, se nedanstående tabell 5-1 som visar beräknade kostnader. Alternativen har beskrivits under kapitel 3 *Lägenhetsmatning*.

Beräknade kostnader för lägenhetsinstallation etapp 1		
	Kostnad kronor	
	Per lägenhet	Per Etapp 1
Alt 1 separata matningar till varje lägenhet, ett uttag per rum	9 300	6 500 000
Alt 2 separata matningar till varje lägenhet, ett uttag per lägenhet	4 800	3 300 000
Alt 3a gemensam stigare per trappuppg, ett uttag per lägenhet	2 900	2 000 000
Alt 3b som alt 3a men med nyutvecklad elmätare integrerad med elcentral	2 700	1 900 000

**Tabell 5-1**

För Etapp 1 har vi förutsatt att lägenhetsinstallationen till allra största delen kan ske enligt alternativ 3a eller 3b i tabellen. I de fall det är kostnadseffektivt används alt 2.

Det står varje lägenhetsinnehavare fritt att tilläggsbeställa önskat antal Premiumel-uttag i lägenheten, mot en merkostnad som offereras av elinstallatören.

Detaljerade beräkningar visar att Etapp 1 bör kunna utföras till en investeringskostnad på c:a 7 miljoner kronor.

Underhållskostnaderna beräknas till storleksordningen 100 000 kr per år.

Beträffande finansieringsmöjligheter se Bilaga 4 "Finansieringsrapport".

## Etapp 2 – Nyetableringsområde norr om järnvägen

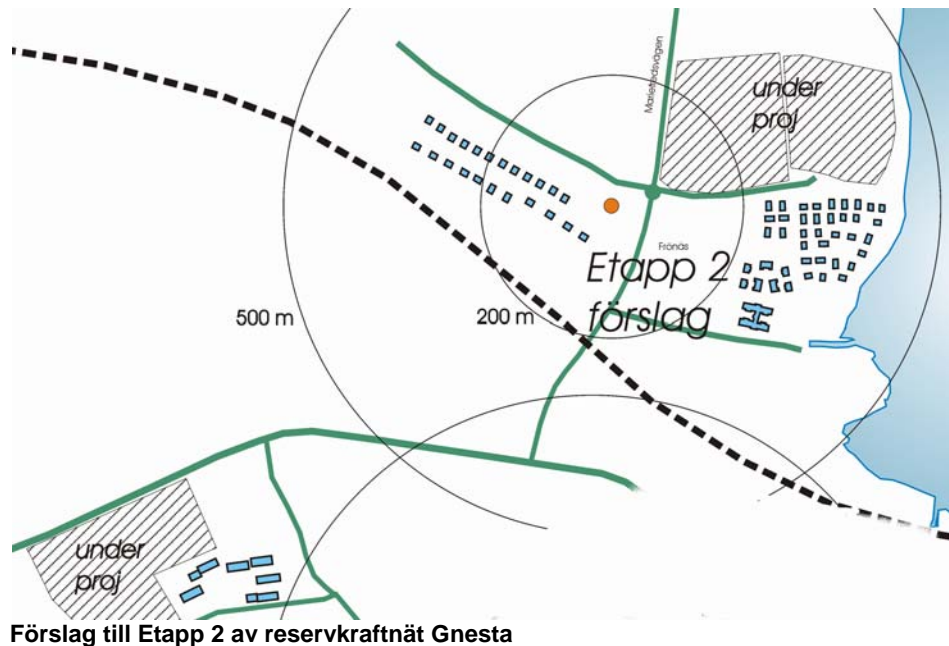
Det nya område för bostäder och industri norr om järnvägen (Frönäs, Vackerby, Prästhopen) som är under etablering kommer att ges möjligheter till anslutning till stadsdatanätet. Eftersom det inte är kommunen som är byggherre är det för närvarande inte helt säkert om detta kommer att realiseras, men det förefaller troligt. Det har beslutats att kanalisationen för stadsdatanätet dimensioneras så att även reservkraftnät kan läggas in.



Denna etapp förutses bli matad från en egen reservkraftstation placerad centralt i området. Att mata detta område från samma reservkraftanläggning som för etapp 1 skulle innebära alltför långa distributionsavstånd. Området består till stor del av enbostadshus av olika slag och har en helt annan karaktär än Etapp 1. Totalt räknar vi med att c:a 150 småfastigheter ska matas. Med en kraftstation på c:a 300 kVA finns det god marginal för att förse även fjärrvärmeverk och eventuell industri med reservkraft.

Etapp 2 löser därmed problemet att ge fjärrvärmeverket permanent tillgång till reservkraftmatning. Tillsammans med Etapp 1 löser detta kommunens uppvärmningsproblem under elavbrott.

Reservkraftstationen har här inritats centralt i området, nära platsen för optostadsnätets nod. En alternativ placering skulle kunna vara invid fjärrvärmeverket (vid återvinningsstationen i Vackerby).



**Proportionering, med hänsyn tagen till likheter och avvikelser från de detaljerade beräkningarna i Etapp 1, indikerar en investeringskostnad för Etapp 2 av c:a 3 miljoner kronor.**

Därvid har man tagit hänsyn till att det rör sig om en mindre reservkraftstation (mindre dieselgenerator, mindre ställverk, endast en container), att lämplig kanalisering redan förberetts i samband med projekteringen av optostadsnätet, samt att kostnaderna för fastighetsinstallationer i trappuppgångar etc. i praktiken blir mycket lägre.

### Etapp 3 – Östra Gnesta

En tänkt Etapp 3 skulle kunna vara att förse området öster om Etapp 1 med reservkraft. Med Frejaskolan och industri- och handelsområdet vid Östra Storgatan, inkluderande industri, butiker, bensinstationer o s v. Många av bostadsfastigheterna där är fåbostadshus. Av hänsyn till distributionsavstånden blir det sannolikt fråga om att placera ut ytterligare en reservkraftstation, fristående i container eller i ev. befintligt utrymme. Därmed skulle större delen av Gnesta tätort vara intäckt med reservkraft.

Eftersom Etapp 3 inte är detaljbeskriven har någon exakt beräkning av förväntad investeringskostnad inte kunnat göras. Det är sannolikt att kostnaden kommer att hamna mellan den för etapperna 1 och 2. En gissad storlek på 6 miljoner kronor förefaller inte orimlig, även om osäkerheten beträffande användbar kanalisering kan ge stora avvikelser. Om man kunde räkna med att använda t ex Telias kanalisering vore uppskattningen mycket enklare. Vår förfrågan om att få tillgång till deras dokumentation för att göra en utvärdering i samband med detta projekt har hittills besvarats nekande.

## Efterföljande etapper och glesbygd

I Gnesta kommun ingår även samhällena Björnlunda, Laxne och Stjärnhov. Det möter inga hinder att utnyttja samma principlösning för reservkraftnät även för dessa orter. Det blir i så fall separata reservkraftsöar för varje samhälle.

På landet, enskilda fastigheter, gårdar eller i mindre byar, kan någon av de lösningar som finns beskrivna under alternativ 2 i kapitel 6 "Alternativa reservkraftlösningar" användas. Det innebär högst sannolikt i praktiken små reservkraftsöar eller enskilda anläggningar med fasta eller mobila reservverk. Sådana enheter används redan idag vid enskilda lantgårdar för att säkerställa att t.ex. mjölkning kan utföras vid strömavbrott, men även för att säkerställa att ventilationen i svinstallar och kycklingfarmer kan hållas igång så att djurbesättningarna inte kvävs. Tekniken att bygga reservkraftsöar gör att flera fastigheter skulle kunna dela på kostnaderna och därmed sänka kostnaden för var och en, både i investering och underhåll.



Översiktlig etappindelning av reservkraftnät i Gnesta tätort

## Sammanställning av etappkostnader

Tabell 5-2 visar en nedbrytning och sammanställning av kostnaderna per etapp. Den är baserad på uppgifterna i Bilaga 2.2 "BOM och kostnader" (BOM = Bill of materials) samt kostnader för lägenhetsmatning (alternativ 3) uppskattade av lokal elinstallationsentreprenör, inkl dennes vinstpåslag.

Slutliga kostnaden kommer att bestämmas i offentlig upphandling. För etapperna 2 och 3 är uppgifterna av "best guesstimate"-karaktär, baserade på uppgifterna i etapp 1 med hänsyn tagen till olikheter i layout och övriga förutsättningar.



Kostnadssammanställning per etapp för Gnesta reservkraftö						rev A 2007-11-14		
Post	Etapp 1				Etapp 2			Etapp 3
	tkr	% av poster ovan	% av anlägg	Anm	tkr	% av anlägg	Anm	tkr
<b>Anläggningskostnader</b>								
Reservkraftstation	1 930	49%	33%	600 kVA	1200	20%	300 kVA	
Installation o testning-kraftstation	100	3%	2%		100	2%		
Reservkraftnät, materiel etc	558	14%	9%		300	5%		
Installation o anläggning-reservkraftnät	498	13%	8%	inkl grävning där kanalistion saknas	325	5%	Kanalisation finns redan förberedd	
Systemtester, anläggningsbunden dok o projektledning -gemensamt	825	21%	14%		275	5%		
<b>Summa reservkraftnät</b>	<b>3 911</b>	<b>100%</b>	<b>66%</b>		<b>2 200</b>	<b>92%</b>		
Lägenhetsmatning och -anslutning	2000	100%	34%	c:a 700 lägenheter i	200	3%	Mest enbostadsh	
<b>Summa anläggningskostnader</b>	<b>5 911</b>		<b>100%</b>		<b>2 400</b>	<b>100%</b>		<b>5 000</b>
								(uppskattat)
<b>Administrativa kostnader</b>								
Upphandling och specificering för upphandling	1020				500			1000
<b>Summa etappkostnader</b>	<b>6931</b>				<b>2900</b>			<b>6000</b>
								(uppskattat)
<b>Engångskostnader</b>								
Systemdokumentation, utveckling, testinstruktioner, utbildning	1010				150			
<b>Totalt inkl engångskostnader</b>	<b>7 941</b>				<b>3 050</b>		<b>Ej detaljräknat</b>	<b>6 000</b>

Tabell 5-2 Översikt per kostnadsslag och etapp

## 6. Alternativa reservkraftlösningar

UPOS-studien skall (utan att gå in på samma detaljnivå som för det föreslagna reservkraftnätet) även utvärdera ytterligare alternativ till lösningar för reservkraftförsörjning. I det följande redogörs för några sådana lösningar, med kortfattad analys av för och nackdelar.

Som referens i jämförelserna användes, om inget annat anges, den i det tidigare föreslagna lösningen till reservkraftnät.

Här diskuteras uppbackning med reservkraft via:

- det ordinarie elnätet med reservkraft för hela tätorten från en jättestor reservkraftsanläggning vid Vattenfalls inmatning till Gnesta,
- det ordinarie elnätet med reservkraft från reservkraftsanläggningar vid de vanliga lågspänningstransformatorerna i det ordinarie elnätet,
- distribuerade fasta reservkraftgeneratorer i varje fastighet och mindre reservkraftsöar,
- mobila reservelverk,
- bränslecellkraftverk,
- batteribaserade (sk. UPS) utrustningar för avbrottsfri reservkraft,
- nya energikällor – sol och vind

## Generella kommentarer

1. En generell anmärkning är att bränsleförsörjning till reservkraft allmänt är ett stort problem, särskilt i krissituationer. Bränslebrist är det största hotet mot att investeringar i reservkraft ska få önskad effekt vid kritiska situationer. Bränsle är färskvara och olämpligt att lagra långa tider, därför måste det genom kontrakt med en bränsleleverantör regelbundet omsättas.

Den föreslagna lösningen med reservkraftsöar har tagit hänsyn till detta genom att minimera antalet påfyllningsplatser och antalet maskiner i systemet, samt genom att anpassa effekten för att tillgodose endast de nödvändigaste behoven, vilket ger lägsta möjliga bränsleförbrukning.

2. I den föreslagna lösningen med reservkraftsöar byggs reservkraftsverket och dess elnät på sådant sätt att det nya nätets skyddssystem, och dess behov av kortslutningseffekt för att lösa ut säkringar, har matchats till karaktäristiken hos dess reservverk.

Man kan inte koppla in ett reservverk mot det vanliga elnätet utan att vidta liknande åtgärder på varje elnätsavsnitt. Sådana åtgärder i det vanliga elnätet skulle vara mycket kostsamma, ingenjörsmässigt svåra och riskabla att genomföra i stor skala. Alternativt, om sådan åtgärder inte görs, krävs så stora reservverk, med så stor effekt att installation av reservverk blir tekniskt och ekonomiskt helt orimlig.

3. Syftet med denna utredning är att belysa möjligheterna att, för så många som möjligt, förse samhällets och medborgarnas viktigaste infrastrukturer och kommunikationssystem med reservkraft med lång uthållighet, upp till flera dygn eller längre. Batteribaserad reservkraft har inte möjlighet att ge denna uthållighet och diskuteras därför bara översiktligt i rapporten. Ändamålet med batteribaserad så kallad UPS-kraft är inte att ge uthållig reservkraft för stora effektbehov utan att skydda känsliga datorsystem mot driftstörningar i samband med korta elavbrott och transienter på elnätet.

## Alt 1. Uppbackning med reservkraft via ordinarie elnät

Man skulle teoretiskt kunna tänka sig att sätta upp en stor reservgeneratoranläggning vid Vattenfalls inmatningspunkt till Gnesta som vid avbrott kopplas in på det ordinarie elnätet i Gnesta. Den bör i så fall dimensioneras att kunna ta toppbelastningseffekten för samhället eftersom det knappast kan bli frågan om att i en kritisk situation hinna prioritera och koppla bort delar av nätet. Skyddssystemet i Gnestas elnät skulle behöva anpassas och byggas om därför att den så kallade kortslutningseffekten i reservverkets generatorer inte är lika stor som Vattenfalls högspänningssledningar.

Anläggningen skulle bli av en gissad storleksordning 7-12 MW och kräva en separat byggnad på grund av sin storlek och ljudnivå. Uppskattningsvis skulle man behöva 6 stycken 2 MW dieselgeneratorer i parallell drift. Vi har tittat på anläggningar av liknande storlek och komplexitet (jämför t ex Huddinge Sjukhus) och funnit att en sådan anläggning betingar en investeringskostnad av i storleksordningen 45 miljoner kronor, inkl byggnad, men exkl. kostnader för ombyggnad av elnätets skyddssystem. Underhållskostnaden för anläggningen uppskattas minst uppgå till 200 000 kronor per år.

Om prioriteringsautomatik med fjärrstyrda brytare skulle behöva installeras medför det ytterligare investeringskostnader, vilka vi inte kan överblicka.

Nedan listas några **fördelar** med denna lösning:

- Inget behov av att prioritera vad som ska matas vid reservdrift.
- Allt fungerar på normalt sätt, hissar cirkulationspumpar, spisar/ugnar etc.
- Inget separat eldistributionsnät, som i en reservkraftsö, behöver byggas.
- Enkelt för användarna - ingen separat information eller upplärning behövs.

**Nackdelar** för denna lösning:

- Mycket hög investeringskostnad för en anläggning som (förhoppningsvis) endast kommer att användas sporadiskt.
- Hela investeringen måste göras på en gång. Svårt att göra etappindelning.
- Om bortbrytning av oprioriterade laster vid kris krävs måste den ske områdesvis, t ex hela kvarter och industriområden. Sådana prioriteringssystem kräver stora investeringar och medför ökad komplexitet och risk för fel. Underhållskostnaderna även för det ordinarie eldistributionsnätet ökar. Eftersom systemet nästan aldrig används i skarp drift är risken stor att fel inträffar i detta system just vid det tillfälle som det ska användas.
- Skyddar inte mot nätfel och avgrävningar inne i samhället vilket emellertid den föreslagna lösningen med reservkraftsöar gör.
- Stor bränsleåtgång vilket accentuerar problemet att hålla anläggningen med bränsle under längre avbrott. Lagring av så stora bränslemängder som behövs för elleverans vid ett skarpt läge blir mycket dyrbart eftersom bränsle är färskvara och olämpligt att lagra långa tider, och därför måste omsättas kontinuerligt.
- Risk för buller och avgaser.

De tekniska svårigheterna och den höga investeringskostnaden gör att alternativet bedöms vara oacceptabelt.

## **Alt 2. Distribuerade fasta reservkraftgeneratorer vid det ordinarie distributionsnätets lågspänningstransformatorer, utnyttjande detta nät för distributionen**

Som en variant av alternativ 1 skulle man teoretiskt kunna tänka sig att ansluta ett reservverk vid varje transformatorstation i det ordinarie eldistributionsnätet. Vid varje transformator skulle man då placera en container med ett litet ställverk och ett reservverk med dieseltank för 1-2 dygns drifttid. Ett containerhus behövs som skydd och säkerhet mot väder och vind samt mot stöld och vandalisering. Detta containerhus skulle bli väsentligt mycket större (minst 4 ggr) än de transformatorkurar som idag finns i gatubilden. Det kommer att bli nästan omöjligt att placera in dessa containerhus bredvid alla transformatorkurar på ett för stadsarkitekten acceptabelt sätt. Man skulle tvingas begränsa sig till ett fåtal vid de elnätavsnitt som har de mest kritiska verksamheterna i samhället till skillnad från en reservkraftsö, som kan sprida reservkraft till alla eller ett större antal användare i hela samhället. Skulle man utgå från samma nytta och räkna på att samma antal användare som i reservkraftsömodellen får man för detta alternativ räkna med ca 25 eldistributionstransformatorer i Gnesta tätort.

På samma sätt som i alternativ 1 måste reservverket dimensioneras med tillräcklig kortslutningseffekt och elnätets skyddssystem måste modifieras och anpassas. Om man antar att genomsnittliga anläggningskostnaden blir 1,5-2,0 MSEK för dessa åtgärder så kan kostnaden uppskattas till mellan 37 - 50 MSEK.

Bränsleförbrukningen ökar dramatiskt. En dieselmotor drar vid 50-100 % belastning ungefär lika mycket bränsle. Om man ökar antalet motorer från 3 st. till 25 stycken så ökar installerad effekt dramatiskt beroende på motorernas modulstorlekar. Därmed ökar bränsleförbrukningen vid drift också dramatiskt förutom att antalet påfyllningsställen för Gnesta skulle bli 7- 10 gånger fler.

Nedan listas några **fördelar** med denna lösning:

- Hela investeringen behöver inte göras på en gång. Etappindelning kan göras.
- Ett eventuellt haveri drabbar bara en enda grupp av fastigheter.

**Nackdelar** för denna lösning:

- Endast vissa områden i tätorten får tillgång till reservkraft om inte alla nätstationer förses med reservkraftverk.
- Reservkraft till optostadsnätets alla abonnenter kan inte levereras.
- Bränsleförsörjningen blir ett stort problem p.g.a. c:a 10 ggr fler påfyllningsställen samt att bränsleförbrukningen ökar dramatiskt.
- Många underhållspunkter innebär hög underhållskostnad.
- Mycket hög investeringskostnad.
- Oacceptabelt ur stadsbildssynpunkt.

**Alt 3. Distribuerade fasta reservkraftgeneratorer i mycket små reservkraftsöar**

Egentligen är detta alternativ endast ytterligheten av den föreslagna lösningen med reservkraftsöar om man låter distributionsavstånden gå mot noll.

Alternativet innebär att man förser varje fastighet eller varje grupp av fastigheter med egen reservkraftgenerator. Detta innebär någonstans mellan 20 och 30 enheter i Etapp 1 enligt förslaget.

Två varianter finns:

1. Den billigaste aggregatlösningen är s k canopéaggregat. Dessa har bara ett enkelt plåtskydd som kapsling. Aggregatet måste stå utomhus för att kyl- och avgassystemen ska fungera samt stå med ständig motorvärme. Vi anser att detta alternativ är orealistiskt bl a av placerings-, miljö- och driftkostnadsskäl.

2. Den andra lösningen är inbyggnad i ett mindre containerhus som försörjer en grupp av näraliggande fastigheter. I det nät som analyserats i detta projekt skulle 4 st. mindre reservkraftsöar med lågspänningsdistribution och ett eget containeraggregat kunna ersätta den större reservkraftsön. Vi har i kapitel 4 (avsnittet om Modularitet) redogjort för optimeringen av anläggningsstorlekar och distributionsavstånd. Utan att gå in på detaljer indikerar kalkylerna som gjorts i samband med denna förstudie att minskningen i kostnad för distributionsnätet inte uppväger den ökning som uppstår av summering av kostnaderna för flera reservkraftstationer med containers och kringutrustning. Enligt detta resonemang är det inte lönsamt att gå in för korta distributionsavstånd och många reservkraftstationer, varken ur investerings- eller underhållssynpunkt, så länge man håller sig inom randvillkoren enligt kapitel 4. Till detta kommer stadsplanerings- och stadsmiljöfrågor. Dessa containeraggregat blir svåra att placera i större antal i stadsmiljön.

**Fördelar:**

- Investeringskostnaderna kan delas upp i mindre beslut
- Ett eventuellt haveri drabbar bara en enda grupp av fastigheter.

**Nackdelar:**

- Brist på lämpliga lokaler i befintliga fastigheter för reservverket och dess bränsletank.
- Ökad risk för buller- och miljöstörningar.
- Högre investeringskostnader.
- Högre underhållskostnader genom fler underhållsställen.
- Svårigheter med bränsleförsörjning, eftersom antalet påfyllningsställen blir stort.
- Tveksamt om fastighetsägare gör investeringar i beredskapssyfte så länge inga myndighetskrav föreligger.

**Slutsats:**

Det är av många skäl angeläget att hålla antalet reservverk och reservverksplatser på ett så lågt antal som möjligt. De avgörande argumenten är att minimera antalet påfyllningsplatser för bränsle, stadsplaneringsproblem och underhållskostnader.

Det som redovisas ovan kan synas självklart, men faktum är att det är till denna lösning man i dagens läge är hänvisad om man vill säkra sig mot kraftavbrott – var och en skaffar sig en egen enhet. Detta i motsats till en möjlig publik lösning på problemet som anvisats genom förslaget med reservkraftsönät för de viktigaste elbehoven i samhället.

#### **Alt 4. Mobila reservelverk som kopplas in vid behov**

Att i händelse av kraftavbrott dra fram och koppla in transportabla elverk till särskilt prioriterade punkter i kommunen är den lösning som står till buds i nuvarande läge. Exempel på sådana punkter är vattenverk, kommunhus, brandstation, vårdcentraler, äldreboenden.

I några fall finns t o m förberett för sådan inkoppling genom att respektive byggnad försetts med utvändiga reservintag för mobil kraft.

##### **Fördelar:**

- Mycket flexibel lösning.
- Relativt billigt – så länge det inte rör sig om många punkter som ska kraftförsörjas.

##### **Nackdelar:**

- Bränsleförsörjning. Mobila aggregat kan av naturliga skäl inte förse med bränslereserv för längre tid.
- Buller- och miljöproblem.
- Löser inte medborgarnas behov av nödkraft för belysning och kommunikation etc.
- Kan inte hålla igång optostadsnätet, IP-telefoni och annan nödvändig kommunikation med befolkningen i ett krisläge.
- Förberedda intag ("handskar") för reservkraft saknas på många ställen.
- Risk för felfasning i inkopplingen gör att pumpar och motorer riskerar att gå baklänges.
- Vid krisläge kommer transportresurser och bränsle att vara bristvara.
- Om det blir frågan om många punkter som skall försörjas (och därmed många aggregat) blir sammanlagda kostnaden hög.
- Det har visat sig att många transportabla elverk reagerar negativt på moderna typer av belastningar med hög övertonshalt och därmed endast klarar av att belastas med en bråkdel av nominell last.
- Mobila elverk under drift stängs av obehöriga som känner sig störda av oljud och avgaser. (Erfarenhet från British Telecom.)
- Mobila elverk är mycket stöldbegärliga och lätta att "ta med sig" med vanlig dragkrok.

##### **Slutsats:**

Transportabla reservkraftenheter klarar endast ett mindre antal behov av reservkraft i samhället.

#### **Alt 5. Bränslecellkraftverk**

Bränsleceller är ännu inte kommersiella och etablerade produkter för storskalig användning, men de har diskuterats under många år som ett intressant alternativ. Det finns ännu inte någon klar standard för hur bränslecellkraftverk ska utformas inte heller något utpekat standardbränsle för bränsleceller och än mindre något utbyggt distributionssystem för detta.

Bränsleceller i den tillämpning som här utreds har samma problembild beträffande bränsleförsörjningen och bränslelagring som dagens dieselmotordrivna reservkraftverk. I princip kan bränslecellkraftverk vara mycket små, ett per lägenhet, eller mycket stora, ett per en stor eller liten reservkraftsö eller större. Det finns prototyper tillverkade för alla storlekar. Men det är för närvarande okänt var ett kostnadsoptimum för ett bränslecellkraftverk skulle kunna vara storleksmässigt.

I fallet med en reservkraftsö som i Gnesta som eventuellt i en framtid skulle kunna förses med ett bränslecellkraftverk skulle sannolikt det överliggande reservkraftnätet i den föreslagna lösningen kunna användas till största delen.

## **Alt 6. Reservkraft med hjälp av batteriuppbäckning**

Batteriuppbäckning på varje enskilt förbrukarställe är i praktiken oanvändbart. Antalet batterier skulle bli oerhört stort. Batterierna behöver hållas laddade och många av dem skulle vara oanvändbara när de behövdes. Eventuellt tillgänglig reservtid skulle snarare handla om minuter än om timmar.

Återstår då en s k UPS lösning (avbrottsfritt kraftsystem) bestående av likriktare – batteri – växelriktare. Sådana lösningar användes för att ge reservtid för datacentraler och andra kritiska funktioner som inte tål något som helst avbrott i strömmatningen. UPS-er finns som integrerade i relativt små enheter, som kan ge i storleksordningen 5-15 minuters reservtid för en belastning på något hundratal watt. Det finns också större enheter för stora datacentraler och liknande anläggningar. Dessa har i allmänhet högst någon timmes reservtid i batteriet. Därför kombineras de nästan alltid med större reservverk drivna av dieslar eller gasturbiner.

### **Fördel:**

- Fullständig avbrottsfrihet – UPS-erna överbryggar tiden till start av reservverket.

### **Nackdelar:**

- Komplicerade system med höga krav på underhåll och provning.
- "Overkill" för merparten av det som ska drivas av Gnesta reservkraftnät.
- Låg verkningsgrad i jämförelse med referenssystemet. Betydande energiförluster även i normaldrift.
- Mycket höga investeringskostnader per kW drifteffekt.
- Relativt sett höga underhållskostnader. Batterier måste regelbundet vårdas och provas för att fungera och livslängden är begränsad.
- Byte av stora batterier är dyrt och ger miljöproblem.

## **Att från batterier leverera reservkraft under flera dygn är uteslutet som huvudlösning för storskalig reservkraftsdistribution, bl a av kostnadsskäl.**

UPS kan däremot vara ett komplement för kritiska belastningar som kräver fullständig avbrottsfrihet. Som tidigare nämnts betyder reservkraftnätet att sådana UPS-system kan dimensioneras effektivare. Reservkraftnätet ger därmed stora besparingar.

## **Alt 7. Nya energikällor – sol och vindkraft**

Även om dessa typer av primärkraftkällor är intressanta och politiskt subventionerade av miljöskäl är de inte användbara som alstrare av storskalig reservkraft eftersom de kräver lagringsmöjligheter för energin för att överbrygga natt, vintertidsmörker och brist på vind. I dagsläget kan endast batterier komma i fråga för detta ändamål, och vi har redan konstaterat under alternativ 6 att sådana inte är realistiska för denna applikation.

## **Slutsats beträffande alternativa lösningar**

Såsom problemet är definierat - säkerställa kommunmedborgarnas trygghet och hålla igång den viktigaste infrastrukturen vid alltifrån timplånga elavbrott upp till flera dygn – framgår det av det ovanstående att de föreslagna reservkraftsöarna är mest kostnadseffektiv och realistisk av de lösningar som uppfyller kraven.

## 7. Utestående strategiska frågor

En reservkraftsö, ett separat så kallat "overlay" elnät för eldistribution till verksamhetskritisk belastning, löser problem inom områdena för samhällets säkerhet, trygghet och beredskap. Det är inte i första hand ett nytt eldistributionssystem utan ett nytt säkerhets och beredskapssystem. Därför bör det inte utan närmare analys inordnas i den befintliga sfär av lagstiftning och reglering som gäller för vanlig eldistribution, med de sedvanliga kraven på koncession för elnät, mätning, anslutningsavgifter, nätavgifter och energidebitering. Det är inte rimligt att nya lösningar på hantering av elektrisk reservkraft bedöms och taxeras enligt regler som har bortåt ett halvsekel på nacken och som utformats för helt andra situationer.

Att lösa eller ge fullständigt underlag för dessa frågeställningar ligger inte inom ramen för det aktuella uppdraget. Flera av dessa rör politiska ställningstaganden till regelverket för energiförsörjning. Frågorna kan komma att bli föremål för kommande uppdrag och utredningar, varför vi listat dem inklusive kortfattade kommentarer så att de inte glöms bort.

### Nationell nytta av reservkraftsöar som reglerkraft och spetskraft

Förutom den uppenbara nyttan av reservkraftsöar ur beredskapssynpunkt för att klara elavbrott och krissituationer i elförsörjningen finns även andra viktiga användningsområden.

Ett sådant område är att installerad kapacitet i reservaggregaten kan användas som spetskraft och reglerresurs i det nationella kraftnätet, så kallad "peak shaving". Det säger sig självt att nationella kraftnätet i tillfälliga elbristsituationer avlastas genom att reservkraft kan startas. På detta sätt minskas påfrestningarna i det nationella kraftnätet.

Kraftigt utbyggd vindkraft ställer ytterligare högre krav på så kallad reglerkraft i det svenska kraftnätet, till exempel när det inte blåser. Även här kan kapaciteten i reservkraftsöarna komma till god nytta.

### Koncessionsplikt för elnät

För närvarande existerar monopol i form av koncessionsskydd för upprättande och hållande av elnät. För att kunna installera och driva Gnesta reservkraftnät krävs det att kommunen eller dess leverantör har koncession för detta nät. Alternativt kan kommunen samverka med nuvarande koncessionsinnehavare eller begära dispens från koncessionskravet för detta nät. Om nätet stöds av Statens Energimyndighet, som i föreliggande fall, bör det rimligen med hänvisning till krisberedskap och medborgarnas säkerhet inte vara något problem att få frågan löst för denna första fullskaleutvärdering.

På längre sikt borde det inte vara uteslutet att formulera ett nytt undantag från kravet på elnätkoncession så att el för verksamhetskritiska och samhällsviktiga behov får överföras genom lokala och parallella nät under förutsättningen att fast installerad reservkraft finns för de effektbehov som nätet har kapacitet att överföra. Det är också mycket viktigt för den tekniska funktionskontrollens skull och för att nätägaren ska kunna få intäkt från sin investering att el för dessa behov alltid får överföras genom dessa nät och alltså inte enbart under elavbrottstid.

Nuvarande lag ger prejudikat i detta avseende eftersom lagstiftningens sedan gammalt ger undantag från koncessionsplikt för infrastrukturer för samhällsviktiga ändamål. För att säkerställa elförsörjning av samhällsviktiga system såsom telesystem, järnvägssystem, sjöfartsanläggningar, försvarsanläggningar etc., har dessa undantagits från kravet på nätkoncession (2 kap. 1 § förordningen (1957:601) om elektriska starkströmsanläggningar). Enligt vår information har undantaget för telesystem inte förändrats eller frågan om behov av undantag för reservkraftsö med lokalt parallellt nät inte behandlats.

Enligt lagen behövs ingen koncession för elnät inom telekommunikationssystem. Gnesta reservkraftsö som ligger inom optostadsnätets kanalisation behöver inte ha någon koncession om man bara ansluter optonätets elektroniska utrustning som ägs och drivs av Gnesta Stadsnätbolag. Däremot får inte kundernas utrustning (routrar, datorer, IP-telefoner och TV etc.) eller annan kundägd telekomutrustning anslutas till reservkraftnätets matning utan koncession. Orsaken till denna egendomlighet är givetvis att vid den tidpunkt då lagen stiftades var inte sådan utrustning ens påtänkt. Detsamma gäller förstås

även fastighetsautomatik, larm, cirkulationspumpar för fjärrvärme, nödbelysning etc., etc., som inte heller undantas i koncessionslagen även om det är fullt rimligt och önskvärt.

Likaledes förhindrar lagen t.ex. att ett antal lantgårdar eller småindustrier sluter sig samman om ett gemensamt reservverk i syfte att få ner kostnaderna och underlätta underhållet.

Nuvarande lag måste moderniseras för att möta en ny tids nya krav med nya och annorlunda infrastrukturer inom flera samhällsviktiga områden.

Frågan måste beaktas och slutligen lösas för att stimulera till Privat och Offentligsamverkan och underlätta utbyggnad av reservkraft för samhällsviktiga behov.

Detta handlar dock huvudsakligen om politiska beslut och regelverk för hantering av framtida energifrågor.

## Anslutning till Vattenfalls matningsnät

Så länge som nätet ej går i reservdrift tas energin från Vattenfalls nät. Det kommer att bli en intrikat förhandlingsfråga om prismodell och energipris. För Vattenfall borde kommunens reservkraftnät se ut som vilken större industrikund (eller eldistributionsnät/delmängd av eldistributionsnät) som helst, med undantag för att Vattenfall får motsvarande lägre belastning i sitt spridningsnät, och även lägre nättäkter på det ordinarie nätet.

För att kunna regelbundet provköra reservkraftstationen (och även använda den som reglerresurs i det nationella nätet, se ovan) önskas eventuellt också att man får tillåtelse att använda Vattenfalls nät som belastning, dvs. att återmata energi till Vattenfall.

Vi har gjort överslagsmässiga kalkyler av konsekvenserna av nuvarande regelverk för kostnadsbilden. På samma sätt som klimat- och miljöproblem så är dessa frågor rörande krisberedskap och medborgarnas säkerhet/komfort huvudsakligen politiska frågor – om man finner det politiskt behjärtansvärt och opportunt så gör man det lönsamt genom anpassning av regelverken.

Vi finner dock att dessa frågeställningar går utanför ramen för det aktuella uppdraget, men återkommer gärna med konsekvensanalyser som kan ligga till underlag för den politiska beslutsprocessen.

## Energimätning

En nyckelfråga är hur brukarna ska debiteras för tillgången till reservkraftnätet och dess energi. Skall det finnas en extra elmätare i varje lägenhet, med de kostnader och problem för avläsning detta innebär?

En schablonmässig kvartalsavgift för energin kan nog användas under ett övergångskede, men det har visat sig att denna metod i långa loppet driver upp elkonsumtionen, något som inte är miljö- och energimässigt opportunt.

Frågan underlättas av att reservkraftuttagen kommer att säkras med endast 2 eller 4 ampere, (460 resp. 920 W) vilket gör att flagrant missbruk förhindras. I etapperna 1 till 2 är det sannolikt det effektivaste om brukarna enbart debiteras med fast avgift, "flat rate". Vi har dock tagit med individuella elmätare i kostnadsberäkningen.

I fortsättningen kommer man med säkerhet att behöva förse varje lägenhetsmatning med en egen energimätare med fjärravläsning. Systemet har utformats på sådant sätt att detta är möjligt att införa, även i efterskott. Se även kapitel 3 "Principskisser Lägenhetsmatning".

Det pågår svensk utveckling av kostnadseffektiva "mini elmätare" integrerade med elektronisk säkringsenhet och jordfelsbrytare. Dessa skulle vara idealiska för ändamålet. Tills vidare får man tänka sig att använda konventionella elmätare med fjärravläsningsmöjlighet av samma typ som redan användes i svenska elnätet.



## **Avtal om underhåll och bränsle**

Om ett reservkraftnät enligt förslaget byggs måste man se till att det underhålls på ett professionellt sätt. Underhållet för det skisserade nätet är minimalt. Det är främst tillsyn av batterier och dieslar som behövs samt regelbunden provning.

Detta kräver att nätägaren tecknar avtal med underhållsorganisation eller liknande.

En annan fråga är att nätägaren måste i förväg säkra tillgången på bränsle i händelse av krisläge. Varje reservstation har bränsle för några dygns drift, men i en situation där ett avbrott i elförsörjningen skulle bli längre kommer det att bli svårt att få tillgång bränsle.

Man måste alltså teckna avtal med bränsleleverantör om prioriterade leveranser av bränsle, och även kritiskt försäkra sig att denne har förmåga att leverera bränslet i en sådan situation, vilket inte på något sätt är självklart.

## **Fastighetsnät**

Som vi har konstaterat är installationer inom fastigheterna, trappuppgångar och lägenhetsinstallationer, en långt ifrån försumbar del av kostnaderna för pilotinstallationerna för reservkraft. Framtida byggnation av fastighetsnät för reservkraftsändamål är en byggnormfråga och därmed föremål för politiskt avgörande. Man kan för all nyproduktion och renovering i byggnormerna föreskriva att fastigheters elinstallation ska sektioneras på ett sätt som medger distribution av reservkraft. Utgående från ett sådant krav kommer elinstallation i samband med nyproduktion och renoveringar inte att kosta nämnvärt mer än annars.