

Utmaningar för kraftsystemet på kort och medellång sikt

Anförande vid symposium för att hedra
Sture Lindahl (Sli) 80-år

18 april 2023

Per Norberg (Nog)



400 kV Horred-Uddebo januari 2022



Kangasala 1984. Tre stycken 400/110 kV transformatorer brann upp.



Per Norberg Kraftkonsult

Några rader om mig själv...



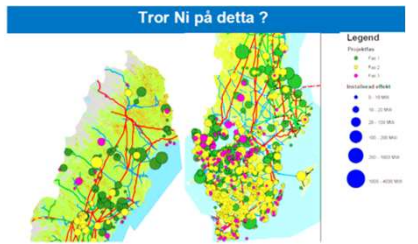
Västra Stamlinjen byggd 1921 norr Töreboda.
Korsningen byggdes om för ca 10 år sedan.

| | |
|--|-----------|
| Chalmers elkraft | 1979 |
| Sydkraft nätplanering 20 kV – 400 kV | 1980-1984 |
| Vattenfall Västsverige nätplanering | 1984-1996 |
| Företagsspecialist Kraftsystemplanering | |
| Vattenfall AB | 1996 |
| FoU-ansvarig T&D Vattenfall AB | 1999-2004 |
| Satt på ”samlingsknanan” | 2005-2009 |
| Technical Controller Vattenfall Elnät | 2009-2020 |
| Adjungerad professor Elkraftteknik | |
| Chalmers Tekniska Högskola | 2009-2020 |
| Under åren 1996 – 2020 haft en mängd externa uppdrag inom branschen. Främst inom forskningsområdet samt bland annat Eurelectric och Cigre. | |

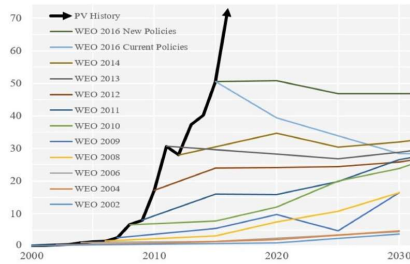


Per Norberg Kraftkonsult

Först en tillbakablick



Antalet projekt/förfrågningar uppgår till > 30 GW motsvarande 75 TWh !



Källa: Auke Hoekstra, Eindhoven University of Technology, IEA – World Energy Outlook

Per Norberg Kraftkonsult

Bilden överst till vänster är från ett föredrag jag höll inför Vattenfalls 100 års jubileum år 2009.

Jag – såsom skolad i en värld som byggde på teknisk/ ekonomisk rationalitet – måste erkänna att jag trodde aldrig vi skulle komma i närheten av där vi är idag.

Men politik är något annat och då kan vad som helst hända. Speciellt när regelverket saknar fysiskt leveransansvar – elproduktion i Sverige kan ses som en fritidssysselsättning man ägnar sig åt så länge det är lönsamt!

Att sia om framtiden är idag inte lätt!

Undre bilden visar antagen installerad PV-effekt och verkligheten

Och ännu en tillbakablick

EN EPOK GÅR MED KRÜGER

En liten spenslig, ordspråklig herre trädde in i det allra högsta stället vid ett möte i Vattenfall. Han hade på sig en kostym och en kavaljer, och han hade ett stort leende på läpparna. Han var den enda som hade ett stort leende på läpparna. Han var den enda som hade ett stort leende på läpparna.

OSCAR DEN BLYGE
Känner ni honom — Oscar den blyge? Alla på Drift och Färdledning gör det och inte bara där — nästan alla i hela Norden som har med anknytning till den stora kraften att göra vet vem han är — överingenjören och chefen för produktionssektionen inom D Hans Oscar Krüger.

Oscar den blyge är hans egen definition på sig själv från den tid han var styrelseledamot för det studentiska "Driftlivet", vilken avsmak sedan några år, men i många år till stort nöje för hela D' var livsmedelsledamot, då Oscar den blyge själv agerade som chefens uppsägare av sin tidning. — Särskilt balanserande mellan pedantisk exaktitet i vardagens detaljer och chevelers generositet i det månadliga umgänget har den färdstjärke Oscar någontid blivit ett begrepp på D.

Nu är hans epok slut. Den 1 september lämnar han verket, nätt av 37 innehållsrika

— Jag har verkligen trötts i mitt arbete. Och det tror jag även mina medarbetare har gjort. . . .

— Det finns ännu en epok — de stora aggregatens epok. Vad händer om i, ex., ett 1000 MW aggregat faller ur?

— Det finns ännu en epok — de stora aggregatens epok. Vad händer om i, ex., ett 1000 MW aggregat faller ur?

— Jag har verkligen trötts i mitt arbete och det tror jag mina medarbetare också gjort, säger den outtröttligt pipstoppade Hans Oscar.

DRIFTSAMARBETE
Vän av ordning och disciplin, frispråkig, smidig, kavaljer av det gamla slaget, en demersens gästning var han och de egenkänsliga satt i alla vägen, när han byggde upp ett landsomfattande driftsamarbete, där teamwork blev den ledande principen.

Till bilden här också några honorörord, som präglat Krüger och hans närmarste månadsvardagsarbete: ansvar, samarbete, förtroende.

— Sko man somköra ett 50-tal kraftstationer inom och utanför landet i förtroende. Det är A och O för att lyckas.

— Det ljuviga med vårt jobb är också att ta initiativ och handla under ansvar utan att ha någon att fråga. Det skapar arbetsglädje och arbetstillit trots att det kan vara jäkligt i övertrohet läänd.

— Jag har verkligen trötts i mitt arbete och det tror jag mina medarbetare också gjort, säger den outtröttligt pipstoppade Hans Oscar.

GÄNGEN EPOK
Epoken Krüger har gått förbi, då allt kunde överblickas av en enda man, då beslut baserades på erfarenheter, intuition och personligt kunnande. Nu har dataspoken kommit, då helt operaslogiska, då hela följel systematiskt genomarbetas av datormaskinen och serverar fakta för den beslutsförländande driftsamman.

— Men det finns ännu en epok: de stora aggregatens

INTE DEN ENDA
Nei, nu drar han sig tillbaka till sitt kärta Hjärtgästgård vid Österskär som jordbrukare i mindre skala, spelar sin kärta bräde i goda vänner lag, går ännu friliggare på sina kärta konsertter och kanske hämnar också uppliva sina kärta ungdomsminnen, med Shakespeare och Strindberg i speglan — de som gav honom oförglömliga tankar om att ingenjörers värld inte är den enda.

HOLGER

Till vänster har vi en avskedsintervju med Vattenfalls legendariske driftschef Hans Oscar Krüger år 1966 i personaltidningen.



Ur boken Strömkart 1959

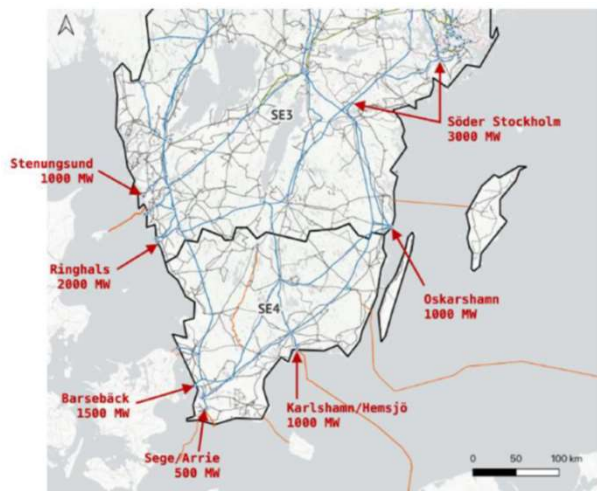
Han är glad för att gå i pension innan de stora värmekraftblocken fasas in på nätet. "Vad händer t.ex. om ett sådant aggregat plötsligt faller ur?"

Som sagt pendeln svänger...

Källa: Vi i Vattenfall 1966

Per Norberg Kraftkonsult

Dagens utmaningar



Från presentation Svenskt Näringsliv 29 juni 2022. Nya elbehov, nya utmaningar

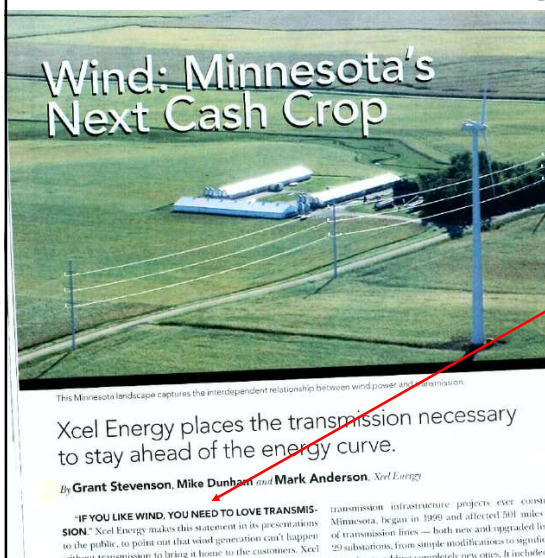
Ambitionen idag inom de flesta ekonomier är att få en CO₂ fri energiförsörjning oftast bestående av vind/sol men ibland även kärnkraft – oftast så kallade SMR.

För drygt 1 år sedan fick SvK i uppdrag att redovisa hur man skulle kunna ansluta 90 GW havsbaserad vindkraft. Man svarade att vi kan ta emot 10 GW. Samtidigt vill stålindustrin i norr kunna ta ut flera 10-tals GW – när det blåser.

Vad är det man inte vågar säga?

Per Norberg Kraftkonsult

Dagens utmaningar



”Vinden” är nästan gratis där den produceras men för att få den till vägguttaget krävs det mer.

Och det viktigaste att tänka på när det gäller storskalig vindkraft är:

If you like wind, you need to love transmission

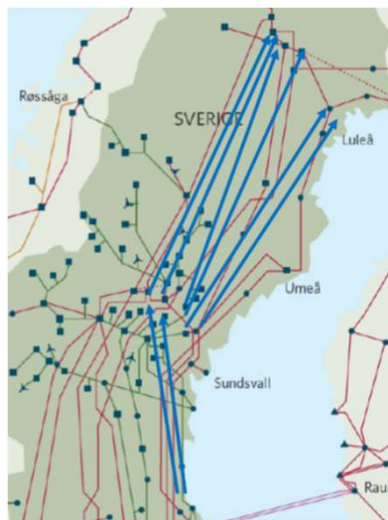
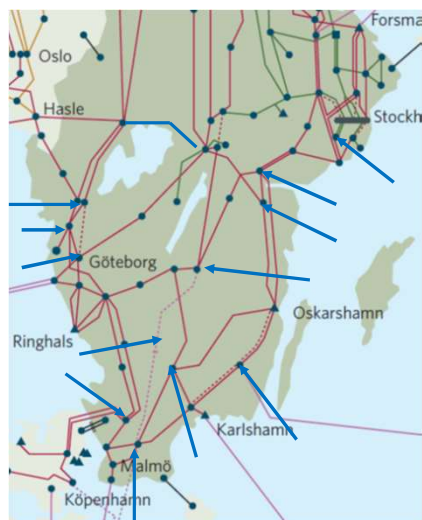
I min värld borde SvK behållit den gamla ”loggan”...



Inför ett uppdrag för Svenskt Näringsliv så gjorde jag ett försök att kombinera vindkraftsplanerna med de stora industriuttagen i norr vilket jag kommer redovisa i några bilder.

Per Norberg Kraftkonsult

Dagens utmaningar



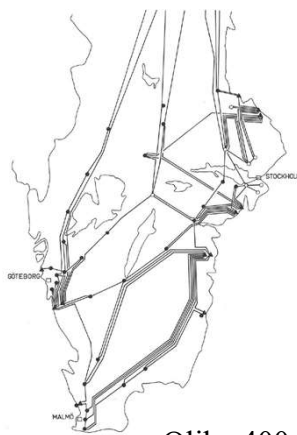
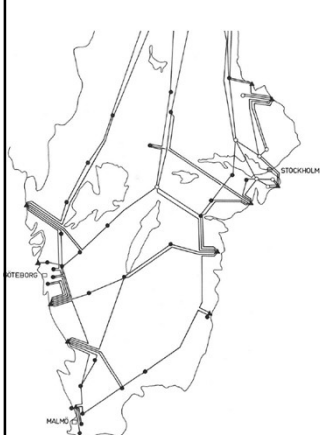
Exempel på nätutbyggnader med havsbaserad vind och elektrifierad stålindustri i norr.

Speciellt när man ser den högra bilden så får kanske vi som är gamla i gården en känsla av att detta har jag sett förr.

Från presentation Svenskt Näringsliv 29 juni 2022. Nya elbehov, nya utmaningar

Per Norberg Kraftkonsult

Dagens utmaningar har vi haft förr



Och förr var början av 1970-talet då man såg framför sig ett stort elbehov som skulle lösas med kärnkraft.



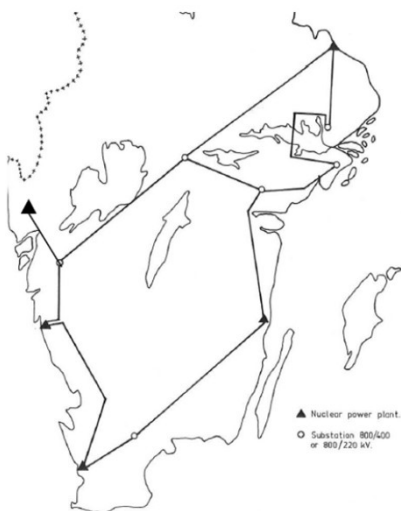
8 stycken 400 kV ledningar, kapacitet 7 – 12 GW. Gatubredd 400 m. Tagen från Statnett-presentation.

Utdrag från Cigre-artiklar 1970

Olika 400 kV lösningar i stadiet 1995 enligt 1970 års planer beroende på var de 25 kärnkraftblocken placerades.

Per Norberg Kraftkonsult

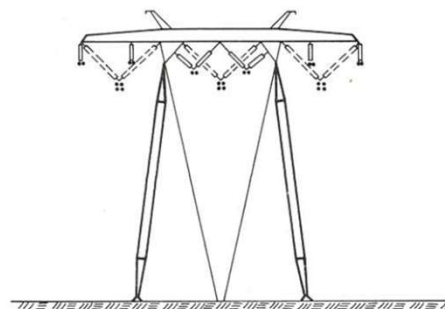
Dagens utmaningar – 800 kV projektet



Utdrag från Cigre artikel 1970



Övningsstolpe utanför Åsbro 1979. Foto: Jan Lundquist

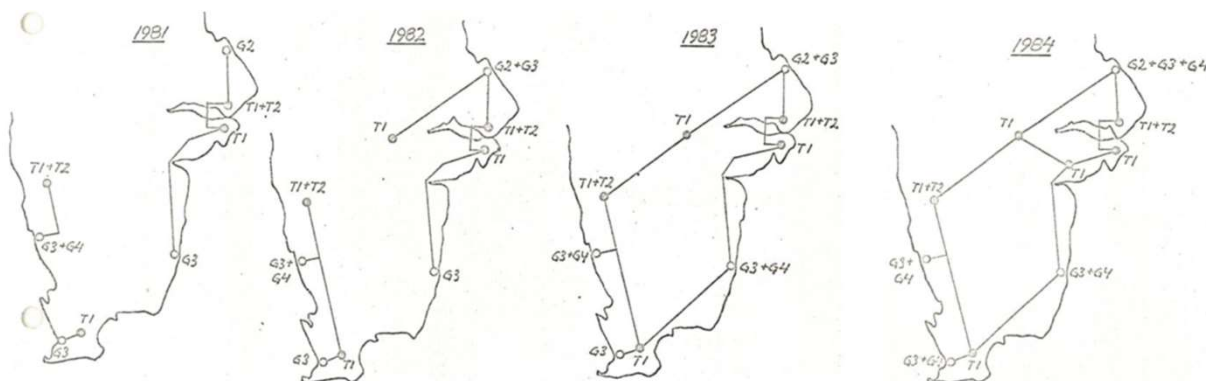


Utdrag från Cigre artikel 1978



Per Norberg Kraftkonsult

800 kV projektet - Utbyggnadsplan



Bilder från komplettering till SKN PM "750 kV projektet. Principiell nätbild och grunddata PM. 21/1 1972" daterad 1/3 1972

Tanken var att bygga från de kärnkraftsblock som skulle anslutas till 800 kV till närmsta tänkta transformering till 400 kV. Därefter skulle slingan slutas. Total ledningslängd ca 1800 km.



Per Norberg Kraftkonsult

800 kV projektet - epilog



Jonas Norrby GD 1970 – 1985 samt Olof Johansson
Energiminister 1976-1978

1976 inlämnades koncessionsansökan för en 800 kV ledning från Forsmark och söderut. Att det var regeringen som skulle fatta beslutet framgick tidigt.

800 kV projektet sågs som starkt kopplat till kärnkraftens utbyggnad och faran med elektriska fält hade börjat upp-märksammas.

Vid ett möte med Vattenfalls GD Jonas Norrby så frågar energiminister Johansson vad konsekvensen skulle bli om regeringen säger **Nej**. Då svarar chefen för kraftlednings byggnader att det blir så klart problem – stolparna är redan på väg...

I september 1980 fick man koncession för en 400 kV dubbel-ledning.

Per Norberg Kraftkonsult

800 kV projektet - epilog

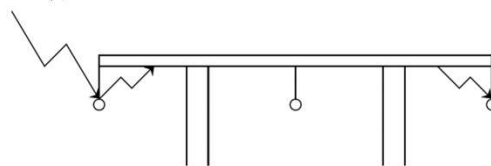


©Puggen

Eftersom stolparna var under leverans fick man titta på det gamla förslaget med 400 kV dubbelledning.

Eftersom stolpen var byggd för enkel 800 kV quadrupel-utförande (12 faslinor) så gick det bra med dubbelt duplex-utförande.

Däremot fann man att ytterfaserna skulle hamna utanför topp-linornas skyddsvinkel varför ytterisolatorerna förlängdes. Detta för att undvika jordfel och speciellt dubbelfel enligt klassisk åskteori.



Per Norberg Kraftkonsult

Storstörningen 1983

Söndagsfläta 842

Konstnärer: Jan Söderberg



- VÄGRAT:
1. Blir så smidrig som ett skal men döljer det goda inre (9)
 4. Vissa är sådana (9)
 8. Vajade flaggor i blåsten på Gröningsborg (11)
 10. Härifrån bevisar (3)
 11. Det kallas ofta skavast (7)
 13. Kländ för de dragna ansträngningar han förde (5)
 15. Koppert essens (5)
 16. Har den som väntat med att ta till med något (5)
 18. Lär man sig för rans gära, måste de på när skall hura (7)
 21. Tugg vid brödet (3)
 22. Förekom i byarna i januari, det märkte nog även stabsborna (11)
- LOURAT:
1. Går dragande hand en lybarnad (9)
 2. Får vi med salt till maten (3)
 3. Rudas yngst (5)
 5. På banken en stark man för ta vid dråke (7)
 6. Indolens påverkat och bevaras sålän (9)
 7. Här råddes by och stadsman, man lärde sig och släppte sedan (7)
 9. Var den rycka klockan vid Vira lera (5)
 12. Kunnat vara ett i ett, än vi väntat att det (5)
 13. Ser ofta med ett rejält ans på påfatta (5)
 14. Går på påfatta (7)
 16. Bliv stera för att ge jämnare (5)

Debaclet med 800 kV gjorde att de förstärkningar av stamnätet som krävdes i samband med Forsmarks anslutning kraftigt försenades – speciellt matningen till södra Mellansverige. Och egentligen har Forsmark aldrig fått en fullgod anslutning. Förseningen var en starkt bidragande orsak att frångiljarhaveriet i Hamra 28 december 1983 fick så stora konsekvenser.

Eftersom Sture (och speciellt Ingrid) är inbitna korsordslösare så bjuder jag åter på SvD Söndagsfläta första helgen i januari år 1984.

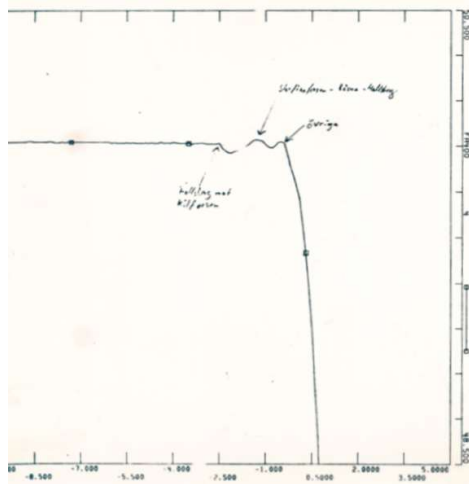
L12 lyder:
Kommer inte ett i ett, än vi minns ett två i ett

Mycket träffande beskrivning av det som skedde kl 12:58 och verkligen skickligt gjort.



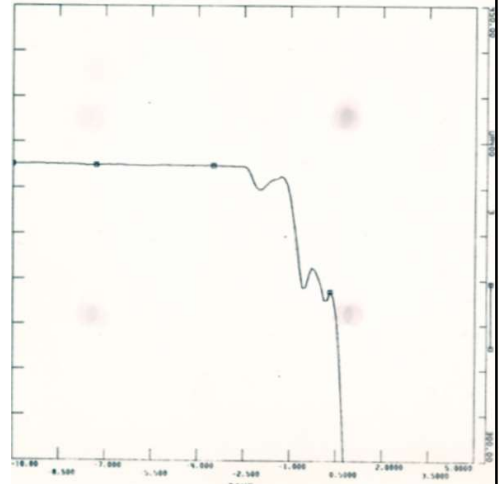
Per Norberg Kraftkonsult

Storstörningen 1983



Plottar som Sture skickade till Staben med kommentaren (ur minnet):

Vi har räknat på störningen och detta är vad vi kom fram till...



Spänningen i Barsebäck 831228 enligt störningsskrivare. Utskriven via PSSPLT av Gru (Göran Runvik).



Per Norberg Kraftkonsult

800 kV projektet - framtiden



I Sverige planerar SvK att ersätta de tre äldsta 400 kV ledningarna i Snitt 2 med 400 kV dubbel-ledningar.

Jag, och många med mig, anser att det smartaste vore att satsa på den gamla 800 kV stolpen och inledningsvis bygga 400 kV dubbel-ledning med triplex 593 lina – något Sture tidigt påpekade efter att jag gått ut offentligt.

Denna lösning innebär att man på sikt skulle kunna bygga om till en 800 kV 6*593 ledning.

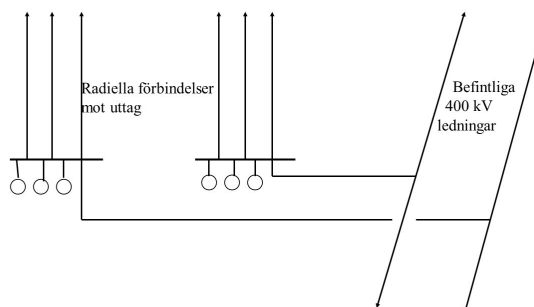
Med 6 linor/fas och en driftspänning på strax under 800 kV så bör man klara de ljud problem som konstaterats i USA/Canada och i princip få samma db-nivå som för en 400 kV ledning.



AEP 765 kV Interstate project

Per Norberg Kraftkonsult

Hantering av stora effekter



En grundprincip när det handlar om överföring av mycket stora effekter är att man försöker hålla dem utanför det befintliga systemet för att undvika att knäcka detta. Till vänster visas ett exempel från Kina när det gäller produktion men det kunde lika väl vara Brasilien eller Indien. Till höger ett exempel på hur man skulle kunna göra i norra Sverige. Överföringen skulle kunna vara AC 400 kV eller 800 kV eller rent av HVDC. Men är det möjligt att lösa med AC så är detta normalt ekonomiskt fördelaktigare.



Per Norberg Kraftkonsult

Andra utmaningar - Inertia

$H \geq 4 s$
 $3s \leq H \leq 4 s$
 $2s \leq H \leq 3 s$
 $H \leq 2 s$



Scenario över inertia i olika länder sett som egna system från Entso-e rapport

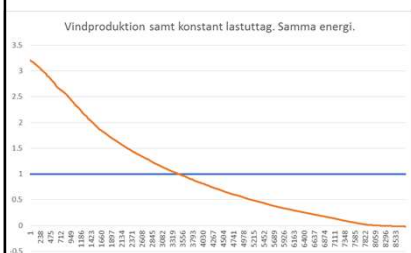
För att ett AC-system skall kunna hantera effektbalansen krävs det en viss minimal svängmassa ofta benämnd Inertia. Ett system enbart bestående av vindkraft saknar inertia. Men detta är ett hanterbart problem som överdrivits i debatten – men det är inte gratis. Enklaste lösningen är så kallade synkronkompensatorer.

En annan lösning är vår vattenkraft. Den kunde historiskt ligga in-fasad på tomgång. Det går att återställa om man öppnar plånboken.



Per Norberg Kraftkonsult

Andra utmaningar - Effektbalansen



Till vänster visas utnyttningstiden för en typisk vindkraftspark och en konstant last med samma energiförbrukning. Som framgår av bilden så når inte produktionen upp till medellasten under större delen av året.

Tittar man på landets totala vindproduktion under år 2020 (finns på SvK www) så finner man att utnyttningstiden var 3285h.



Goldhista pumpkraftverk i Thuringen. 1060 MW.
Ägare Vattenfall.

Problemet idag är att elmarknadsmodellen överlåtit effektansvaret på ”marknaden” och i stället skall kunderna bli mer flexibla.

Antag att en kund med konstant last kan avstå el i 24 h. I så fall krävs det med vindkraft en överutbyggnad på 20 gånger för att kunna försörja kunden!



Per Norberg Kraftkonsult

Det måste löna sig att satsa på energilagring!

Kommer vi lyckas?

Framgång är att på en gång

- Se helheten i verksamheten
- De betydelsefulla detaljerna
- De signifikanta sambanden

"Stulen" från ett föredrag av professor Hans Ahlmann, världsledande pionjär inom underhållsmanagement.

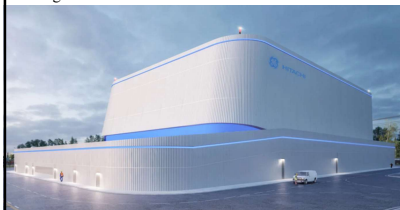


Per Norberg Kraftkonsult

Kommer vi lyckas?



Förslag till Landsnett från arkitektfirman Choi+Shine



SMR förslag från GE Hitachi

Jag är tveksam – det är främst två saker som jag ser man måste ta tag i:

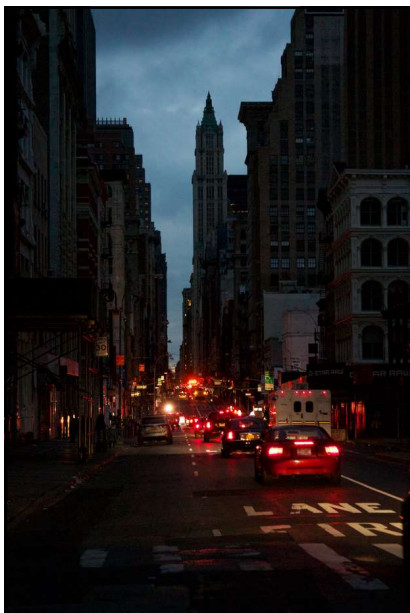
- Orsaken att vi historiskt kunde bygga ut kraftsystemet berodde på att de stora – Vattenfall och Sydkraft med flera byggde sina nät i egen regi. Man var inte beroende av att handla upp projekten. Speciellt SvK måste se till att knyta upp byggekapalet – nu satsar man på "hjärnan" men det behövs även "armar och fötter" för att lyckas.
- Alla berörda myndigheter som idag behandlar kraftledningsprojekt och som ser en ära i att rädda exempelvis utrotningshotade arter måste omskolas till att inse att kraftledningar är nyckeln till att rädda både människor och djur. Och som jag nämnt tidigare...

If you like wind, you need to love transmission

Och gör man inte det så får man satsa på andra kraftkällor närmare förbrukningen...



Per Norberg Kraftkonsult



Södra Manhattan oktober 2012 – "Sandy"
Källa: IEC



Per Norberg Kraftkonsult

Tack för att Ni lyssnade

Q

Diverse artiklar

<https://www.nyteknik.se/debatt/energilagring-i-stor-skala-kan-radda-effektbalansen/190107>

Om pumpkraft

<https://www.nyteknik.se/debatt/satsa-pa-storskalig-energilagring-som-pumpkraft/1718376>

Uppföljning av ovan

<https://second-opinion.se/problemet-ar-att-det-saknas-leveransskyldighet/>

Om att nätägarna bör ta över

<https://second-opinion.se/behovs-tillfalligt-stopp-for-vindkraft-i-norr/>

Det måste finnas balans

<https://second-opinion.se/stoppomraden-hindrar-utbyggnad-av-kraftledningar/>

Om att SvK lagt sig platt

<https://second-opinion.se/gilla-vindkraft-men-alska-kraftnat/>

Om behovet av kraftledningar

<https://second-opinion.se/ppa-el-inte-nodvandigtvis-gron/>

Om hur industrin grundluras

<https://second-opinion.se/elmarknadsmodellen-katastrof-for-de-svenska-elkunderna/>

Om förslag till ny modell



Per Norberg Kraftkonsult