Tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelses-planerne og principper for den fremtidige ud-bygning af elinfrastrukturen

December 2015

ENERGINET DK

Indholdsfortegnelse

1. Indledning 3
   1.1 Retningslinjer for kabellægning og udbygning af transmissionsnettet 3
   1.2 132-150 kV-kabelhandlingsplan og 400 kV-forskønnelsesplan 3
   1.3 Behov for udbygning af eltransmissionsnettet 4
   1.4 Opgavens ramme 4
2. Sammenfatning 6
   2.1 Opsummering af de undersøgte principper 6
   2.2 Sammenstilling af konsekvenser ved mulige udbygningsprincipper 7
   2.3 Konklusion 18
3. Baggrund 20
   3.1 Historiske rammer 20
   3.2 Gældende rammer 21
   3.3 Status på 400 kV-forskønnelsesplan 24
   3.4 Status på 132-150 kV-kabelhandlingsplan 25
   3.5 Besparelsespotentiale for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne 29
   3.6 Besparelsespotentiale for allerede godkendte projekter 30
4. Forudsætninger og udbygningsbehov 31
   4.1 Fokus-år 31
   4.2 Analyseforudsætninger 31
   4.3 Elinfrastrukturens opgaver 35
   4.4 Udbygningsbehov i eltransmissionsnettet 37
5. Teknologiske og miljømæssige hensyn ved etablering og kabellægning af eltransmissionsnettet 45
   5.1 Teknologiske muligheder 45
   5.2 Generelle miljøhensyn ved elektriske anlæg 51
   5.3 Miljøhensyn ved etablering af nye anlæg 52
   5.4 Miljøhensyn ved kabellægning af eksisterende anlæg 55
   5.5 Analyse af relevante strækninger i 132-150 kV-nettet 57
6. Mulige udbygningsprincipper for eltransmissionsnettet 66
   6.1 Principper for etablering af nye anlæg 66
   6.2 Modeller for fokuseret kabellægning 67
   6.3 Undersøgte udbygningsprincipper 69
   6.4 Gennemførte analyser 75
7. Vurdering af konsekvenser for de mulige udbygningsprincipper 76
   7.1 Økonomi 76
   7.2 Teknik 84
   7.3 Miljøpåvirkning 86
   7.4 Opsummering af økonomiske, tekniske og miljømæssige konsekvenser 97
8. Annullering af allerede godkendte investeringer 98
   8.1 Økonomi 98
   8.2 Teknik 99
   8.3 Miljøpåvirkning 99
9. Konklusion 100
   9.1 Tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne 100
   9.2 Principper for den fremtidige udbygning af elinfrastrukturen 100

Bilag 1 – Kommissorium for tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne 102
Bilag 2 – Naturstyrelsens kommentarer 105
Bilag 3 – Investeringsomfang 108

1. Indledning

1.1 Retningslinjer for kabellægning og udbygning af transmissionsnettet

Retningslinjerne for kabellægning og udbygning af transmissionsnettet har løbende udviklet sig over de seneste tre årtier. De første landsdækkende principper blev udarbejdet af Miljø og Energiministeriet i samarbejde med Energistyrelsen, Skov og Naturstyrelsen, Boligministeriet, Amtsrådsforeningen, ELSAM og ELKRAFT i 1995 på initiativ af Miljøministeriet. Her blev det fastlagt, at der skulle tilstræbes en reduktion af det samlede luftledningsnet over 100 kV. Disse principper blev i 2004 og 2005 suppleret med forbedrede muligheder for kabellægning af eksisterende 132-150 kV-luftledninger.

I 2008 blev Elinfrastrukturrapporten udarbejdet til Klima- og Energiministeren af et udvalg bestående af repræsentanter fra Klima- og Energiministeriet, Energistyrelsen, Energinet.dk, Miljøministeriet v. By- og Landskabsstyrelsen samt Miljøcenter Odense, Finansministeriet, Kommunernes Landsforening og Dansk Energi. I forlængelse af denne rapport blev de nuværende retningslinjer fastlagt, hvilket indebærer, at:

- Nye 132-150 kV-forbindelser skal etableres som kabler i jorden.
- Sigtet er, at i takt med at udviklingen i forsyningssikkerhed, teknologi og samfundsøkonomi tilsiger det, skal alle 400 kV-forbindelser anlægges i jorden frem for på master.
- Der skal gennemføres en forskønnelse af 400 kV-nettet ved udvalgte kortere strækninger (forskønnelsesprojekterne).
- Det eksisterende 132-150 kV-net skal kabellægges i henhold til en sammenhængende kabelhandlingsplan.
- Tre specifikt nævnte nye 400 kV-forbindelser i Jylland kunne etableres som luftledninger uden yderligere analyser.

Anbefalingerne i Elinfrastrukturrapporten i 2008 var baseret på en antagelse om, at den teknologiske og omkostningsmæssige udvikling ville gøre, at fremtidige udbygninger af elsystemet kunne foretages med 400 kV-kabler i jorden. Der er dog endnu ingen erfaringer med 400 kV-kabler i jorden over længere afstande (over 30-40 km), ligesom kabelpriserne på 400 kV-niveau ikke er faldet som forventet. Dette er medvirkende til, at det ikke er rentabelt at udbygge 400 kV-nettet med 400 kV-kabler.

Ud over de tre konkrete 400 kV-projekter i Jylland forudsatte Elinfrastrukturrapporten ikke nye samarbejdsforbindelser med udlandet eller behov for yderligere transmissionskapacitet på 400 kV-niveau inden for en nær fremtid. Der var således på daværende tidspunkt ikke forventning om væsentlige økonomiske konsekvenser ved at pege på fremtidig udbygning med 400 kV-kabler i jorden.

1.2 132-150 kV-kabelhandlingsplan og 400 kV-forskønnelsesplan

Med udgangspunkt i de nye retningslinjer for kabellægning og udbygning af transmissionsnettet blev der i 2009 fremlagt en kabelhandlingsplan for 132-150 kV-nettet og en forskønnelsesplan for 400 kV-nettet. Der var bred opbakning blandt partierne, med undtagelse af Enhedslisten, om gennemførelse af de to planer.

I 2012 blev dele af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen og dele af 400 kV-forskønnelsesplanen dog udskudt, ligesom der blev justeret på retningslinjerne for udbygning af 400 kV-nettet i form af ombygning af eksisterende 400 kV-luftledninger for at bidrage til finansieringen af Energiaftalen 22. marts 2012 og Solcelleaftalen 15. november 2012.

I maj 2015 fremlagde den daværende regering en vækstpakke, hvor et af initiativerne lagde op til at analysere muligheder for en yderligere tilpasning af kabelhandling- og forskønnelsesplanerne med henblik på at reducere investeringsomfanget og dermed tarifniveauet for forbrugere og erhvervsliv. Den nuværende regering har efterfølgende bekræftet, at der skal arbejdes videre med initiativet om en mulig tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

1.3 Behov for udbygning af eltransmissionsnettet

For at fremtidssikre elsystemet så der fremadrettet kan integreres endnu mere vedvarende energi i Europa og bringe omkostningerne til omstillingen yderligere ned, er der behov for en række centrale investeringer i den kommende tid:

- Der er brug for at udbygge forbindelser til nabolande, så markederne styrkes, og omstillingen bliver billigere for alle.
- Der er brug for, at der i højere grad kan samarbejdes om forsyningssikkerhed med nabolande, så prisen for forsyningssikkerheden bliver så lav som muligt.
- Der er brug for at forstærke det danske elnet, så det sikres, at de store mængder el produceret i både Danmark, Norden og Centraleuropa kan transporteres sikkert.

Markedsudviklingen og behovet om indpasning og udnyttelse af den stigende andel af vedvarende energi har allerede ført til beslutning om at etablere Cobra-forbindelsen fra Jylland til Holland, ligesom Kriegers Flak-forbindelsen fra Sjælland til Tyskland er en del af Energiforliget 22. marts 2012. Disse to projekter var ikke en del af Elinfrastrukturrapportens forudsætningsgrundlag.

Herudover er der både fra dansk og fælleseuropæisk side stor fokus på udbygning af den grænseoverskridende elinfrastruktur. Konkret arbejdes der derfor med muligheden for at etablere nye kraftige samarbejdsforbindelser fra Jylland til henholdsvis England og Tyskland. Disse projekter indgik ligeledes ikke som en del af Elinfrastrukturrapportens forudsætningsgrundlag.

Alt i alt medfører VE-udbygningen og de forudsatte samarbejdsforbindelser behov for nye betydelige forstærkninger i transmissionsnettet, hvilket af hensyn til tekniske og tabsmæssige forhold bør gennemføres i 400 kV-vekselstrømsnettet. Det skal bemærkes, at behovet for disse nye investeringer er ændret markant, siden Elinfrastrukturrapporten og Kabelhandlingsplanen blev udarbejdet. Udbygningerne er ikke godkendte på nuværende tidspunkt, men de er medtaget i denne rapport for at illustrere forskellen i omkostningerne, hvis det forudsatte udbygningsbehov skal realiseres med henholdsvis kabler i jorden eller luftledninger.

Udviklingen i behovet for øget kapacitet i transmissionsnettet har altså ændret sig i forhold til Elinfrastrukturrapporten 2008, og der har samtidig ikke været den forudsatte teknologiske og prismæssige udvikling for 400 kV-kabler. Dette giver en udfordring i forhold til de gældende principper for udbygning af elinfrastrukturen.

1.4 Opgavens ramme

Regeringen nedsatte i september 2015 en hurtig arbejdende embedsmandsgruppe, som skulle foretage en analyse af mulighederne for at tilpasse kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne med henblik på at reducere investeringsomfanget under hensyn til forsyningssikkerhed, integration af VE mv. samt en vurdering af de miljømæssige/landskabsmæssige, tekniske og planlægningsmæssige udfordringer det vil give. Arbejdsgruppen skulle udarbejde et beslutningsoplæg dels for en tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne og dels for principper for den fremtidige udbygning af elinfrastrukturen.

I kommissoriet er der anført et besparelsespotentiale på ca. 6,3 mia. kr. frem mod 2030 ved tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne, hvilket er baseret på en vurdering fra Energinet.dk gennemført i januar 2015 med Netudviklingsplan 2013 som reference. Dette besparelsespotentiale er i nærværende redegørelse genberegnet til ca. 6,8 mia. kr. frem mod 2040 med Energinet.dk's seneste Netudviklingsplan 2015 som reference. Forskellen i besparelsespotentialet skyldes, at der i Netudviklingsplan 2015 er forudsat ca. 200 km mere kabellægning i 132-150 kV-nettet end i Netudviklingsplan 2013. Herudover er referenceåret ændret fra 2030 til 2040, da dette giver et mere retvisende sammenligningsgrundlag mellem en kabelhandlingsplan og en modsvarende reinvesteringsplan.

Der er samtidig gennemført en revurdering af grundlaget for principperne for den fremtidige udbygning af elinfrastrukturen baseret på det forudsatte behov for fremtidig udbygning af elinfrastrukturen. Det forventes 4,2-5,5[1] mia. kr. billigere at realisere det forudsatte udbygningsbehov i 400 kV-nettet med luftledninger frem for kabler i jorden.

Det skal dog bemærkes, at reduktionen i investeringsomfanget inden for 400 kV-forskønnelsesprojekter og 132-150 kV-kabelhandlingsplan omfatter investeringer, der følger af planerne, som havde bred politisk opbakning. Investeringerne i udbygning af 132-150-400 kV-nettet omfatter de forudsatte mulige udbygninger af hensyn til forsyning, integration af VE og markedsskabelse, som ikke er politisk besluttede og afhænger af de anvendte forudsætninger. Som tidligere nævnt vurderes det ikke umiddelbart som teknisk eller økonomisk realistisk at gennemføre det forudsatte udbygningsbehov i 400 kV-nettet udelukkede med kabler, hvilket uddybes nærmere i rapporten.

Kommissoriet for arbejdet er vedlagt som bilag 1.

Arbejdsgruppen blev sammensat af repræsentanter fra Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, Energistyrelsen (formand), Finansministeriet og Energinet.dk. Undervejs i arbejdet har arbejdsgruppen inddraget viden og synspunkter fra Naturstyrelsen under Miljø- og Fødevareministeriet, hvilket fremgår af bilag 2.

Denne rapport beskriver resultatet af arbejdsgruppens analyser.

Rapporten analyserer de økonomiske, tekniske og miljømæssige forhold og hensyn for en række principper for tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne og de fremtidige udbygning af transmissionsnettet frem til 2040 under de fælles analyseforudsætninger, som er opstillet af og anvendes af Energistyrelsen og Energinet.dk. Som reference for principperne er brugt Energinet.dk's Netudviklingsplan 2015 (som pga. nærværende analysearbejde ikke er blevet offentliggjort) – med efterfølgende opdatering i forhold til de anvendte analyseforudsætninger.

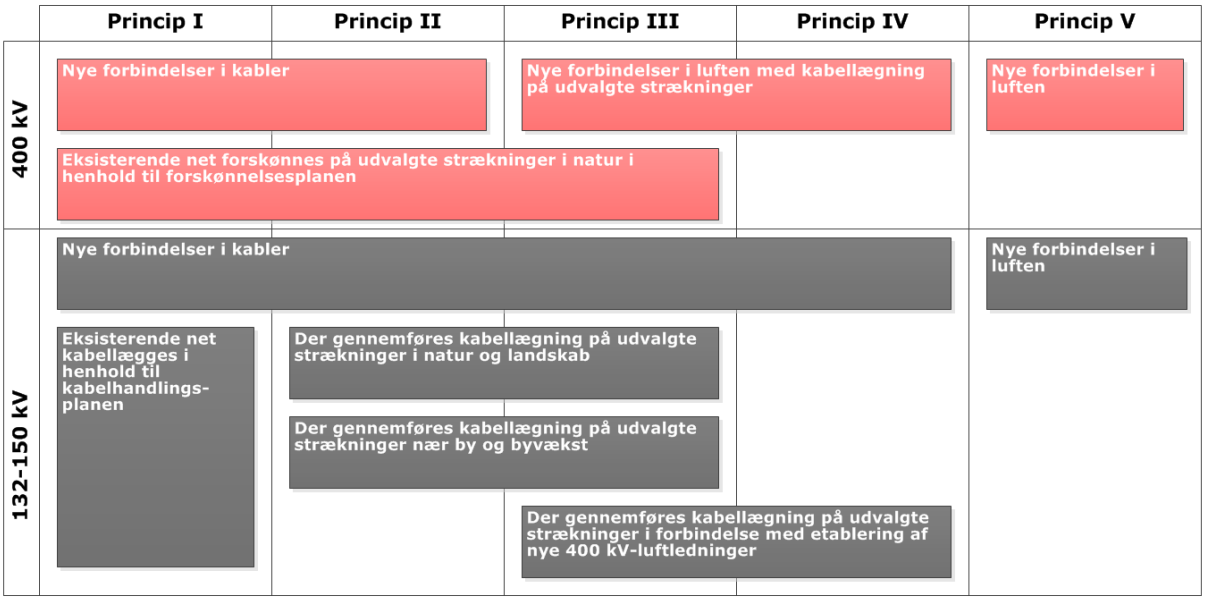
Analyserne fokuserer på vekselstrømsforbindelser på henholdsvis 400 kV og 132-150 kV, og der er opstillet net, der lever op til de samme tekniske minimumskrav uanset valg af løsning. Der er kun fokuseret på vekselstrømsanlæg, da jævnstrømsanlæg ikke vurderes at være teknisk og økonomisk fleksible til udbygninger i det interne transmissionsnet.

[1] De 5,5 mia. kr. i Princip V vurderes at være vanskelige at realisere grundet den lokale modstand mod etablering af rene luftledninger. Samtidig indgår der ikke nogen forskønnelse eller kabellægning af det eksisterende luftledningsnet i Princip V.

2. Sammenfatning

2.1 Opsummering af de undersøgte principper

Der er opstillet i alt fem forskellige principper, der muliggør tilpasninger af de gældende kabelhandlings- og forskønnelsesplaner og udbygning af transmissionsnettet. Da arbejdet er igangsat med henblik på at reducere investeringsomfanget, er der ikke opstillet udbygningsprincipper, som vil lede til dyrere løsninger end i dag. De fem konkrete udbygningsprincipper er opstillet således, at omkostningerne og de visuelle hensyn mindskes, jo længere der bevæges til højre. Principperne er vist i Figur 1, hvor Princip I svarer til de nuværende principper.



Figur 1 De undersøgte udbygningsprincipper.

400 kV-nettet udgør den overordnede transportkorridor for store effekter, og står med det anvendte forudsætningsgrundlag overfor større udbygninger for at kunne understøtte VE-udbygningen og markedsudviklingen.

132-150 kV-nettet har primært til formål at forsyne og opsamle VE fra de lokale distributionsnet og transportere effekten til mere forbrugstunge områder eller til det overordnede 400 kV-net, hvor effekten kan transporteres videre til udlandet.

Princip I svarer til de nuværende planer for forskønnelse og kabellægning, og indebærer en omfattende forskønnelse af det eksisterende transmissionsnet, hvor der både forskønnes i natur på udvalgte 400 kV-strækninger (forskønnelsesprojekterne) samtidig med, at hele 132-150 kV-nettet kabellægges (kabelhandlingsplanen). Etablering af nye 132-150 kV- og 400 kV-forbindelser foretages med kabler i jorden.

Da Princip I repræsenterer den måde, hvorpå de gældende udbygningsprincipper er blevet udmøntet, anvendes dette princip som reference ved gennemførelse af de økonomiske, tekniske og miljømæssige vurderinger.

Princip II repræsenterer en fokuseret forskønnelse på udvalgte 400 kV-strækninger i natur (forskønnelsesprojekterne) og af det eksisterende 132-150 kV-net i natur og landskab samt nær by og byvækst (kabellægningspakker), mens de resterende dele af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen annulleres. Etablering af nye 132-150 kV- og 400 kV-forbindelser foretages med kabler i jorden.

Princip III repræsenterer en fokuseret forskønnelse på udvalgte 400 kV-strækninger i natur (forskønnelsesprojekterne) og af det eksisterende 132-150 kV-net i natur og landskab samt nær by og byvækst (kabellægningspakker), mens de resterende dele af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen annulleres. Etablering af nye 132-150 kV-forbindelser foretages med kabler i jorden, mens etablering af nye 400 kV-forbindelser foretages med luftledninger i åbent land, med kabellægning på udvalgte strækninger. I forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger foretages der kabellægning af eksisterende 132-150 kV-luftledninger i nærheden for at mindske den landskabelige påvirkning i de pågældende områder.

Princip IV repræsenterer ingen forskønnelse af det eksisterende 400 kV- eller 132-150 kV-net. Etablering af nye 132-150 kV-forbindelser foretages med kabler i jorden, mens etablering af nye 400 kV-forbindelser foretages med luftledninger i åbent land, med kabellægning på udvalgte strækninger. I forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger foretages der kabellægning af eksisterende 132-150 kV-luftledninger i nærheden for at mindske den landskabelige påvirkning i de pågældende områder.

Princip V repræsenterer ingen forskønnelse af det eksisterende transmissionsnet. Etablering af nye forbindelser foretages med luftledninger i åbent land på både 400 kV og 132-150 kV-niveau, uden at der tages særlige miljømæssige hensyn.

Princippet viser det samlede potentiale for besparelser, hvis alle kabelhandlingsplans- og forskønnelsesprojekter fravælges, og hvis alle nye anlæg etableres med luftledninger uden særlige miljømæssige hensyn. Dette princip vurderes dog udelukkende som et teoretisk valg, da der ikke medtages nogen redskaber til at imødekomme den lokale modstand og det endvidere ikke vurderes for praktisk og økonomisk optimalt at bygge 132-150 kV-luftledninger. Dette princip vurderes at ville føre til meget lange sagsbehandlingstider og heraf manglende tilladelser. Som eksempel er der ikke etableret længere 132-150 kV-luftledninger i de seneste 20 år.

2.2 Sammenstilling af konsekvenser ved mulige udbygningsprincipper

Der er foretaget tekniske analyser, hvor udbygningsbehovet for henholdsvis kabler og luftledninger på 400 kV- og 132-150 kV-niveau er opgjort for hvert af de undersøgte fem principper. For hvert princip er der opgjort:

- En økonomisk vurdering af konsekvenser for investeringsomfang, tarifvirkning og samfundsøkonomi.
- En vurdering af realiserbarheden af de enkelte principper ud fra tekniske vurderinger.
- En vurdering af de miljømæssige konsekvenser i form af ændringer i mængden af luftledningsnet over 100 kV.

2.2.1 Økonomiske konsekvenser

I det følgende opgøres investeringsomfang og besparelsespotentialer for de fem undersøgt principper. Investeringsomfanget præsenteres først for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne og herefter for de fremtidige udbygninger af elinfrastrukturen, der forudsættes baseret på det anvendte forudsætningsgrundlag.

2.2.1.1 Investeringsomfang i modellerne for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne

Investeringsomfanget for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne er opsummeret i nedenstående tabel.

	Investering - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	687	687	687	200	200
132-150 kV-kabelhandlings-/reinvesteringsplan	9.233	2.882	2.882	2.882	2.882
132-150 kV-kabellægningspakke - natur	0	1.014	1.014	0	0
132-150 kV-kabellægningspakke - by	0	1.479	1.479	0	0
I alt	**9.920**	**6.062**	**6.062**	**3.082**	**3.082**

Tabel 1 Investeringsomfang i 2014-priser ved tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

Som vist udestår der investeringer for ca. 9,9 mia. kr., hvis kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne gennemføres som hidtil planlagt (Princip I). Ved en tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne kan investeringsomfanget sænkes til ca. 6,1 mia. kr. (Princip II og III). Ved en fuldstændig annullering af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne udgør reinvesteringerne i 132-150 kV- og 400 kV-nettet ca. 3,1 mia. kr. (Princip IV-V).

Ved at anvende Princip I som reference kan besparelsespotentialet opgøres som vist i nedenstående tabel.

	Besparelsespotentiale - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	0	0	0	487	487
132-150 kV-kabelhandlings-/reinvesteringsplan	0	6.351	6.351	6.351	6.351
132-150 kV-kabellægningspakke - natur	0	-1.014	-1.014	0	0
132-150 kV-kabellægningspakke - by	0	-1.479	-1.479	0	0
I alt	**0**	**3.858**	**3.858**	**6.838**	**6.838**

Tabel 2 Reduktion i investeringsomfanget i 2014-priser ved tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

Ved at annullere hele 132-150 kV-kabelhandlingsplanen og i stedet reinvestere 132-150 kV-luftledningsnettet kan der spares ca. 6,4 mia. kr., mens der kan spares yderligere ca. 0,5 mia. kr. ved at annullere 400 kV-forskønnelsesprojekterne og i stedet reinvestere i luftledningerne. Det samlede besparelsespotentiale for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne udgør dermed ca. 6,8 mia. kr. frem mod 2040 (Princip IV og V).

De ca. 6,8 mia. kr. frem mod 2040 kan sammenholdes med det tidligere udmeldte besparelsespotentiale i kommissoriet på ca. 6,3 mia. kr. frem mod 2030. Forskellen i besparelsespotentialet skyldes primært, at der i denne redegørelse er anvendt Energinet.dk's Netudviklingsplan 2015 som reference, mens der i det oprindelige besparelsespotentiale blev taget udgangspunkt i Netudviklingsplan 2013. I Netudviklingsplan 2015 er der bl.a. forudsat ca. 200 km mere kabellægning i

132-150 kV-nettet end i Netudviklingsplan 2013, ligesom der er forudsat betydelig højere omkostninger til stationsændringer i forbindelse med kabellægning, samlet set ca. 1,5 mia. kr. Omvendt er der i det nye besparelsespotentiale medregnet ca. 0,9 mio. kr. mere til reinvesteringer i perioden efter 2030 og ca. 0,1 mia. kr. mere til forstærkning af 132-150 kV-nettet, såfremt dette ikke kabellægges.

I Princip II og III gennemføres de resterende 400 kV-forskønnelsesprojekter, hvilket reducerer besparelsespotentialet med ca. 0,5 mia. kr.

I Princip II og III gennemføres der kabellægning af en række 132-150 kV-luftledningsstrækninger i henholdsvis natur og landskab samt nær by og byvækst. Ved at gennemføre disse kabellægningspakker reduceres besparelsespotentialet med ca. 2,5 mia. kr.

De enkelte 132-150 kV-kabellægningspakker og 400 kV-forskønnelsesprojekter kan tilvælges og kombineres efter ønske, ligesom omfanget kan tilpasses ved at justere på de kriterier, der er anvendt til at udpege, hvilke konkrete luftledningsstrækninger der kabellægges.

I det påviste besparelsespotentiale for 132-150 kV-kabelhandlingsplanen på 6,4 mia. kr. indgår to bynære kabellægningsprojekter[2], som er godkendt i Energinet.dk's bestyrelse. Disse to projekter indgår som prioriterede strækninger i kabellægningspakken for by og byvækst, og vil altså også blive gennemført i Princip II og III.

2.2.1.2 Investeringsomfang i principperne for den fremtidige udbygning af elinfrastrukturen

Baseret på det anvendte forudsætningsgrundlag for den fremtidige udbygning af vedvarende energi og nye samarbejdsforbindelser til naboområder, er der påvist et udbygningsbehov af elinfrastrukturen. Såfremt dette udbygningsbehov skal realiseres med de beskrevne principper, giver dette et investeringsomfang som vist i nedenstående tabel.

	Investering - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forstærkninger	9.064	9.064	4.808	4.808	4.235
132-150 kV-forstærkninger	1.581	1.581	1.348	1.348	1.101
132-150 kV-kabellægning ved nye 400 kV luftledninger	0	0	314	314	-141
I alt	**10.646**	**10.646**	**6.470**	**6.470**	**5.194**

Tabel 3 Forudsat investeringsomfang i 2014-priser ved udbygning af elinfrastrukturen, baseret på de forudsatte udbygningsbehov.

Omkostningerne til 132-150 kV-forstærkninger ændres en anelse principperne imellem. Forskellen mellem Princip I-II og Princip III-IV skyldes, at der i Princip III og IV er mulighed for at sammentænke nye 400 kV-luftledninger med 150 kV-nettet, hvormed enkelte 150 kV-forstærkninger kan spares. Forskellen mellem Princip III-IV og Princip V skyldes, at 132-150 kV-forstærkningerne i Princip V foretages med luftledninger i stedet for kabler.

[2] Esbjerg partiel
Næstved partiel

I Princip III og IV foretages der kabellægning og demontering af en række 132-150 kV-luftledninger i forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger. Dette giver en samlet merinvesteringer på ca. 0,3 mia. kr., når sparede reinvesteringer er medregnet. Besparelse på ca. 0,1 mia. kr. i Princip V skyldes, at der med etablering af en 400-150 kV-luftledning kan spares reinvesteringer i en række 132-150 kV-luftledninger, da disse bliver overflødige.

Ved at anvende Princip I som reference, kan besparelsespotentialet for den forudsatte udbygning af elinfrastrukturen opgøres som vist i nedenstående tabel.

	Besparelsespotentiale - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forstærkninger	0	0	4.256	4.256	4.829
132-150 kV-forstærkninger	0	0	234	234	481
132-150 kV-kabellægning ved nye 400 kV luftledninger	0	0	-314	-314	141
I alt	**0**	**0**	**4.176**	**4.176**	**5.452**

Tabel 4 Reduktion i investeringsomfanget i 2014-priser ved udbygning af elinfrastrukturen, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

Som det fremgår, vil det med de forudsatte udbygninger være ca. 4,2 mia. kr. billigere at gennemføre udbygninger af 400 kV-nettet med luftledninger frem for med kabler i jorden (Princip III og IV). Der er i denne pris indregnet omkostninger til kortere delvise kabellægninger af de nye 400 kV-luftledninger, ligesom der gennemføres en række kabellægninger af 132-150 kV-luftledninger i de berørte områder.

Det forudsatte investeringsomfang reduceres yderligere og vil være ca. 5,5 mia. kr. billigere, hvis alle udbygningerne foretages med luftledninger på både 400 kV- og 132-150 kV-niveau, og der ikke gennemføres nogen miljømæssige hensyn.

Reduktionen i det forudsatte investeringsomfang for fremtidige udbygninger af elinfrastrukturen vedrører mulige, ikke godkendte projekter, som i høj grad afhænger af de anvendte forudsætningsgrundlag for fx VE-udbygning og nye fremtidige samarbejdsforbindelser. Konsekvenserne ved at fastholde de nuværende principper, hvor nye 400 kV-forbindelser etableres som kabler i jorden (Princip I og II), er, at omkostningerne til nødvendige forstærkninger af elinfrastrukturen i forbindelse med etablering af nye samarbejdsforbindelser (fx de forventede nye forbindelser fra Jylland til henholdsvis England og Tyskland) bliver så store, at business-casen for de samlede projekter kan blive negativ. Dette kan potentielt betyde, at samarbejdsforbindelser, som ville være samfundsøkonomisk rentable, hvis 400 kV-nettet udbygges med 400 kV-luftledninger, ikke bliver etableret. Isoleret set kan dette lede til et lavere investeringsomfang end forudsat i Tabel 3, hvilket dog vil ske på bekostning af den samfundsøkonomisk gevinst, der kunne være realiseret, hvis samarbejdsforbindelserne blev etableret samtidig med, at 400 kV-nettet blev udbygget med luftledninger.

Såfremt nye 400 kV-forbindelser fremover kan etableres som luftledninger (Princip III-V), sænkes det generelle omkostningsniveau, hvilket vil øge sandsynligheden for, at der fremover etableres flere og stærkere samarbejdsforbindelser – også udover de forbindelser, der er forudsat i dette

arbejde. Isoleret set kan dette betyde, at det forudsatte investeringsomfang fra Tabel 3 øges, hvilket dog vil ske på baggrund af en samlet samfundsøkonomisk gevinst.

2.2.1.3 Samlet investeringsomfang, tarifvirkning og samfundsøkonomi

I nedenstående tabel er det samlede investeringsomfang for de fem principper illustreret.

	Investering - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	687	687	687	200	200
132-150 kV-kabelhandlingsplan	9.233	5.375	5.375	2.882	2.882
Udbygning af 132-150-400 kV-nettet	10.646	10.646	6.470	6.470	5.194
I alt	**20.566**	**16.708**	**12.532**	**9.552**	**8.276**

Tabel 5 Samlet investeringsomfang i 2014-priser ved tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne samt ved udbygning af elinfrastrukturen, baseret på de forudsatte udbygningsbehov.

Det fremgår, at der frem til 2040 forudsættes investeringer i størrelsesordenen fra ca. 20,6 mia. kr. ved uændrede planer og principper og ned til 8,3-9,6 mia. kr. ved større tilpasninger af de eksisterende planer og principper.

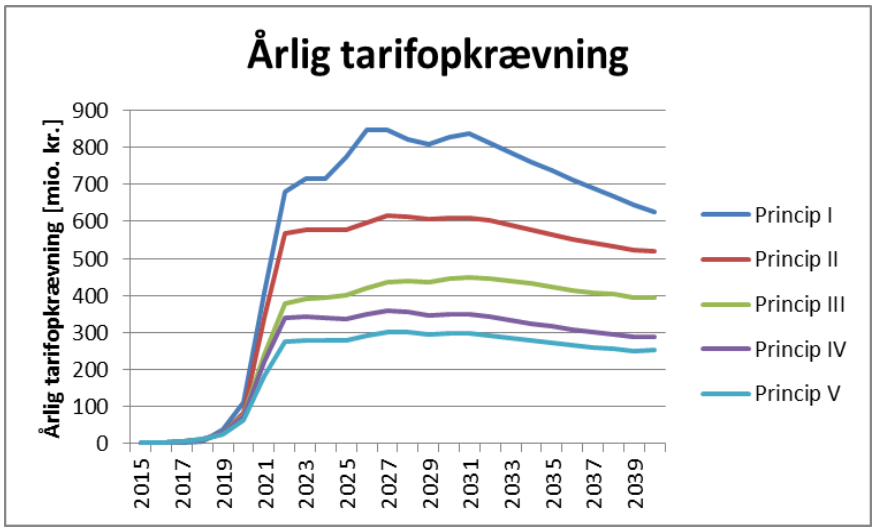
Reduktionen i investeringsomfanget er opsummeret i nedenstående tabel med Princip I som reference.

	Besparelsespotentiale - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	0	0	0	487	487
132-150 kV-kabelhandlingsplan	0	3.858	3.858	6.351	6.351
Udbygning af 132-150-400 kV-nettet	0	0	4.176	4.176	5.452
I alt	**0**	**3.858**	**8.034**	**11.014**	**12.290**

Tabel 6 Reduktion i investeringsomfanget i 2014-priser ved tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne samt ved udbygning af elinfrastrukturen, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

Det skal bemærkes, at reduktionen i investeringsomfanget inden for 400 kV-forskønnelsesprojekter og 132-150 kV-kabelhandlingsplan omfatter investeringer, der følger af planerne, som havde bred politisk opbakning. Investeringerne i udbygning af 132-150-400 kV-nettet omfatter de forudsatte mulige udbygninger af hensyn til forsyning, integration af VE og markedsskabelse, som ikke er politisk besluttede.

Det samlede investeringsomfang finansieres via løbende tarifopkrævninger over anlæggenes levetid. I Figur 2 er tarifopkrævningen for de enkelte principper vist for perioden 2015-2040.



Figur 2 Årlig tarifopkrævning for de enkelte principper i perioden 2015-2040, baseret på de forudsatte udbygningsbehov.

Med reference i Princip I er den gennemsnitlige besparelse i tarifopkrævningerne for perioden 2015-2040 er opsummeret i Tabel 7.

	Reduktion i de gennemsnitlige årlige tarifopkrævninger 2015-2040 - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	0	0	0	14	14
132-150 kV-kabelhandlingsplan	0	133	133	184	184
132-150-400 kV-udbygninger	0	0	120	120	159
I alt	**0**	**133**	**253**	**318**	**357**
Sum for perioden 2015-2040	**0**	**3.452**	**6.573**	**8.277**	**9.291**

Tabel 7 Gennemsnitlig besparelse i tarifopkrævningerne i perioden 2015-2040, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

Tarifopkrævningerne betales over elregningen af alle elforbrugerne med en fast tarif pr. forbrugt kWh. Med Princip I som reference, er reduktionen i tarifvirkningen vist for de fem principper i tabellen nedenfor.

	Gennemsnitlig tarifbesparelse 2015-2040 - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	Øre/kWh	Øre/kWh	Øre/kWh	Øre/kWh	Øre/kWh
400 kV-forskønnelsesprojekter	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
132-150 kV-kabelhandlingsplan	0,00	0,33	0,33	0,45	0,45
Udbygning af 132-150-400 kV-nettet	0,00	0,00	0,30	0,30	0,39
I alt	**0,00**	**0,33**	**0,62**	**0,78**	**0,88**

Tabel 8 Gennemsnitlig reduktion i tarifvirkning for perioden 2015-2040 præsenteret i 2014-priser fordelt på henholdsvis 400 kV- og 132-150 kV-niveau, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

Tarifvirkningen er direkte proportional med besparelsesomfanget og er medtaget for at give et indtryk af, hvilken virkning det vil have på elregningen for privatkunder og virksomheder. Som eksempel vil der for en husstand med et elforbrug på 4.000 kWh/år være tale om en årlig besparelse på ca. 13-35 kr. (13-19 kr. udgøres af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne, mens det de resterede 0-16 kr. afhænger af udbygningsprincipperne). For en mindre virksomhed med elforbrug på 100 MWh/år vil der være en årlig besparelse på ca. 326-877 kr. (327-480 kr. udgøres af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne, mens det de resterede 0-398 kr. afhænger af udbygningsprincipperne). For en stor industrivirksomhed vil de årlige besparelser med et elforbrug på 50 GWh/år udgøre ca. 163.000-439.000 kr. (163.000-240.000 kr. udgøres af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne, mens det de resterede 0-199.000 kr. afhænger af udbygningsprincipperne).

Nedenfor er der gennemført en samfundsøkonomisk opgørelse med Princip I som reference. Den samfundsøkonomiske opgørelse omfatter udelukkende omkostninger til etablering og drift af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne samt de forudsatte udbygninger af elinfrastrukturen, og viser altså besparelsespotentialet i nutidsværdi medregnet ændringer i de løbende driftsomkostninger.

	Samfundsøkonomisk besparelsespotentiale				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
Udbygning af 132-150-400 kV-nettet	0	0	2.806	2.806	3.733
400 kV-forskønnelsesprojekter	0	0	0	336	336
132-150 kV-kabelhandlingsplan	0	3.557	3.557	4.598	4.598
Drift og vedligeholdsomkostninger	0	-92	76	50	34
Tabsomkostninger	0	-150	127	145	128
I alt	**0**	**3.315**	**6.566**	**7.935**	**8.830**

Tabel 9 Samfundsøkonomisk besparelsespotentiale i 2014-priser, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

Med Princip II kan der opnås en samfundsøkonomisk besparelse på ca. 3,3 mia. kr. ved at annullere kabelhandlingsplanen og kun gennemføre en prioriteret kabellægning i natur og landskab samt nær by og byvækst.

De samfundsøkonomiske besparelser er ca. dobbelt så høje i Princip III, hvor udbygning af 400 kV-nettet kan foretages med luftledninger. I Princip IV og V stiger de samfundsøkonomiske besparelser yderligere grundet fuldstændig annullering af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

2.2.2 Tekniske konsekvenser

Der er i det følgende foretaget en overordnet teknisk vurdering af de enkelte principper.

I alle udbygningsprincipperne er en ombygning af 400 kV-forbindelsen Idomlund-Tjele med et ekstra system på eksisterende master forudsat gennemført som luftledning, som følge af Solcelleaftalen 2012.

I Princip I og II udbygges alle øvrige 400 kV-forbindelser med kabler. Særligt for de tre konkrete projekter; 400 kV Vestkystopgraderingen, 400 kV Endrup-Idomlund og 400 kV Landerupgård-Revsing, vil en kabelløsning være teknisk og økonomisk udfordrende, da der er forudsat behov for mere end et enkelt kabelsystem. Med de lange afstande og mange kabelsystemer bliver der samtidige behov for en række store kompenseringsstationer med mange tekniske anlæg.

Særligt for de to førstnævnte projekter er der tale om en samlet afstand på ca. 170 km. Kabellægning af vekselstrømssystemer over så lange afstande har aldrig været gennemført på 400 kV. Selv om Energinet.dk over de seneste år har arbejdet målrettet med kabelteknologi på 400 kV, vil der være behov for yderligere afklaring af en del tekniske forhold for at sikre pålideligheden af de tekniske løsninger, såfremt projekterne skal realiseres som kabelløsninger.

For øvrige 400 kV-projekter vurderes overføringsbehovet med de anvendte analyseforudsætninger at kunne håndteres med et kabelsystem. Dette begrænser kompleksiteten samtidig med, at der er tale om økonomisk sammenlignelige løsninger, hvad angår luftledninger og kabler.

Af økonomiske årsager vil der for kabelløsningerne generelt være tale om løsninger, der dimensioneres til grænsen uden væsentlig fri kapacitet. Eventuelle afvigelser fra forudsætningsgrundlaget kan dermed give behov for etablering af yderligere kabelforbindelser. Da kabelløsningerne har væsentlig lavere overføringsevne end de luftledninger de sammenlignes med, opnås der altså ikke samme robusthed som ved en luftledningsløsning, som kan klare større ændringer i overføringsbehovet. Historiske set kan det konstateres, at der gentagne gange har vist sig en større forskel mellem de anvendte forudsætninger og den reelle udbygning af fx VE. Det er derfor sandsynligt, at den manglende robusthed i det forudsatte kabelnet vil lede til øgede investeringer end forudsat i Princip I og II.

I Princip III og IV gennemføres udbygningen af 400 kV-nettet i luften med mulighed for delvise kabellægninger på udvalgte strækninger. Fra et teknisk synspunkt bør delvise kabellægninger undgås, da det dels kan give begrænsninger af overføringskapaciteten og dels øger kompleksiteten i nettet, fx i forhold til anlægsbeskyttelse og fejllokalisering. De tekniske problemstillinger vedrørende delvise kabellægninger er dog kendte og kan håndteres i praksis, hvilket fx er gjort for Kassø-Tjele, hvor der på den ca. 170 km lange luftledning er gennemført tre delvise kabellægninger. Det bør nævnes, at robustheden kan sikres ved en eventuel senere opgradering af delvise kabellægninger. Dette vurderes at kunne gøres både billigere og hurtigere end en tilsvarende opgradering af en fuldstændig kabelagt 400 kV-forbindelse.

I Princip V udbygges 400 kV i luften uden delvise kabellægninger.

I forhold til en tilpasning af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen, er der i de enkelte principper foretaget de nødvendige udbygninger i forhold det anvendte forudsætningsgrundlag. Det vurderes derfor, at en eventuel annullering af hele eller dele af kabelhandlingsplanen ikke har betydning for forsyningssikkerheden eller indpasning af VE.

2.2.3 Miljømæssige konsekvenser

I forhold til de miljømæssige konsekvenser er luftledninger visuelt markant mere fremtrædende i landskabet end kabler i jorden. Nedenfor er ændringerne i anlægsmassen af luftledninger opsummeret fordelt på spændingsniveau.

	Ændringer af antal tracé-km luftledning				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	Tracé-km	Tracé-km	Tracé-km	Tracé-km	Tracé-km
132-150 kV-luftledninger	-1.697	-465	-653	-284	47
400 kV-luftledninger	-26	-26	162	188	196
400-150 kV-luftledninger	0	0	98	98	103
I alt	**-1.723**	**-491**	**-393**	**1**	**346**

Tabel 10 Ændring af antal tracé-km luftledning med spændingsniveau over 100 kV.

Det ses, at der ved gennemførsel af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen i Princip I vil ske en stor reduktion af det samlede luftledningsnet over 100 kV og en mindre reduktion ved gennemførsel af Princip II og III.

Som vist i Figur 1 gennemføres 400 kV-forskønnelsesprojekterne i Princip I-III, hvilket giver en mindre reduktion af det eksisterende 400 kV-luftledningsnet. I Princip II og III gennemføres der endvidere to kabellægningspakker i 132-150 kV-nettet for henholdsvis natur og landskab samt by og byvækst.

Kabellægningspakken for natur og landskab indeholder kabellægning af 34 udpegede strækninger i 132-150 kV-nettet, som passerer igennem følgende områder:

- Nationalparker
- Natura 2000 fuglebeskyttelsesområder
- Kystnærhedszone

Kabellægningspakken for by og byvækst indeholder kabellægning af 66 udpegede strækninger i 132-150 kV-nettet, med nærhed til følgende kommuneplantemaer:

- Boligområder
- Rekreative områder
- Offentlige formål
- Blandet bolig og erhverv

De konkrete strækninger i de to kabellægningspakker er udpeget baseret på en række kriterier og forudsat gennemført som delvise kabellægninger.

For at fremme af accepten af nye 400 kV-luftledningsanlæg, er der i Princip III og IV inkluderet en række redskaber til at begrænse den samlede landskabelige påvirkning i de berørte områder:

- Der er mulighed for at gennemføre delvise kabellægninger af de nye 400 kV-luftledninger.
- Der er mulighed for at gennemføre kabellægning og sanering af 132-150 kV-nettet i nærheden af de nye 400 kV-luftledninger, således at den samlede mængde af luftledninger over 100 kV for holdes neutral for de fire konkrete projekter, hvor dette er relevant.
- Der kan gennemføres kompenserende kabellægning i distributionsnettet i forbindelse med krydsning af eksisterende 10-60 kV-forbindelser.

Samlet set er der i Princip II og III tale om en mærkbar reduktion i antallet af luftledninger over 100 kV, mens princip IV stort set er neutral. Det er kun ved princip V, at der vil være tale om en egentlig stigning af det samlede luftledningsnet over 100 kV. Det bør dog bemærkes, at der i Princip III-IV sker en forøgelse af luftledningsnettet på 400 kV-niveau med ca. 25-30 %.

Indregnes nedtagningen af de ca. 700 tracé-km gennemførte og igangsatte dele af kabelhandlingsplanen og forskønnelsesprojekterne – det vil sige, hvis man sammenligner med startsituationen i 2008 – kan der ses en reduktion på mindst 20 % af den samlede mængde luftledninger over 100 kV uanset, hvilket af principperne I-IV der vælges. I Princip V vil reduktionen være under 10 %.

Etablering af 400 kV-kabelanlæg kan dog blive problematisk i 400 kV Vestkystopgraderingen til Tyskland, hvor der er forudsat seks parallelle kabelanlæg. De mange kabler giver et meget bredt deklarationsbælte, som skal friholdes for tekniske anlæg og større beplantning. Herudover kræver det en del større kompenseringsstationer, som desuden kan give udfordring både støjmæssigt og landskabeligt. Kabellægning af nye 400 kV-forbindelser som i Princip I og II er altså ikke problemfrit og uden gener, og kræver dermed også dialog og inddragelse af berørte borgere.

2.2.4 Udfordringer ved realisering af de enkelte principper

Nedenfor er det foretaget en overordnet opsummering af henholdsvis de økonomiske, tekniske og miljømæssige udfordringer for de enkelte principper.

<table>
<tr><th></th><th>Princip I</th><th>Princip II</th><th>Princip III</th><th>Princip IV</th><th>Princip V</th></tr>
<tr><td>Økonomiske udfordringer</td><td colspan="2">De høje omkostninger til 400 kV-kabellægninger kan betyde, at potentielle samarbejdsforbindelser bliver svære at realisere.</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>Tekniske udfordringer</td><td colspan="2">De mange og lange 400 kV-kabelstrækninger er kompleks og ikke-afprøvet.

Der vil være behov for yderligere afklaring af en del tekniske forhold for at sikre pålideligheden af de tekniske løsninger.</td><td colspan="2">Antallet af delvise 400 kV-kabellægninger bør begrænses af hensyn til begrænsninger og kompleksitet, fx anlægsbeskyttelse og fejllokalisering.</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Miljømæssige udfordringer</td><td colspan="2">Begrænset modstand mod etablering af 400 kV-kabelanlæg i forhold til tilsvarende luftledninger pga. begrænset landskabspåvirkning.

Der kan dog forventes lokal modstand ved brede deklarationsbælter og ved etablering af større kompenserings-stationer både med hensyn til støj og visuelle forhold.</td><td colspan="2">Stor modstand mod etablering af nye 400 kV-luftledninger pga. landskabspåvirkning og nærhed til boliger. Modstanden kan føre til meget lang sagsbehandlingstid.

Modstanden imødekommes delvist ved at:
- Gennemføre delvise kabellægninger af de nye 400 kV-luftledninger
- Gennemføre kabellægning af 132-150 kV-nettet i nærheden af de nye 400 kV-luftledninger
- Gennemføre kompenserende kabellægning i distributionsnettet</td><td>Stor modstand mod etablering af nye luftledninger pga. landskabspåvirkning og nærhed til bebyggelse. Modstanden kan føre til meget lang sagsbehandlingstid.</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Modstand ved tilpasning af 132-150 kV-kabellægning de steder, hvor luftledninger ikke nedtages.

Modstanden begrænses som følge af de prioriterede kabellægninger i natur og landskab samt nær by og byvækst.</td><td colspan="2">Modstand ved annullering af 132-150 kV-kabellægning de steder, hvor luftledninger ikke nedtages.</td></tr>
</table>

2.3 Konklusion

2.3.1 Tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne

De fem præsenterede principper indeholder modeller for tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne og spænder fra gennemførelse til annullering af alle projekter, hvor det samlede besparelsespotentiale er op til ca. 6,8 mia. kr. Det vurderes dog, at det vil give stor modstand fra borgere og øvrige interessenter, hvis der foretages en fuldstændig annullering af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne (Princip IV og V).

I Princip II og III gennemføres de resterende 400 kV-forskønnelsesprojekter, hvilket reducerer besparelsespotentialet med ca. 0,5 mia. kr.

For at reducere modstanden mod en tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne gennemføres der i Princip II og III kabellægning af en række strækninger i henholdsvis natur og landskab samt nær by og byvækst. Hvis et af disse principper vælges, bliver besparelsespotentialet reduceret med ca. 2,5 mia. kr. De præsenterede kabellægningspakker peger på en række udvalgte 132-150 kV-luftledningsstrækninger, som er udpeget ud fra en række objektive kriterier i forhold til nærhed til natur og bosætningsområder på baggrund af en screening af det eksisterende 132-150 kV-net.

De to 132-150 kV-kabellægningspakker omfatter i alt 100 delstrækninger med en samlet længde på 368 km, som er forudsat gennemført med delvise kabellægninger. I forbindelse med en eventuel udmøntning af kabellægningspakkerne, skal der gennemføres en egentlig detailplanlægning af de konkrete strækninger. Herunder skal placering af kabeltracéer og kabelovergangsstationer udpeges, ligesom det kan vise sig både teknisk og økonomisk fordelagtigt at kombinere flere delvise kabellægninger og foretage kabellægninger over en længere strækning, så der opnås længere, sammenhængende strækninger med kabler.

De enkelte 132-150 kV-kabellægningspakker og 400 kV-forskønnelsesprojekter kan tilvælges og kombineres efter ønske, ligesom omfanget kan tilpasses ved at justere på de kriterier, der er anvendt til at udpege, hvilke konkrete luftledningsstrækninger der kabellægges. Der kan dog alt andet lige nedtages forholdsmæssig flere tracé-km luftledning på 132-150 kV-niveau end på 400 kV-niveau, grundet de lavere omkostninger.

Såfremt hele eller dele af de præsenterede forskønnelses- og kabellægningspakker i Princip II og III ønskes gennemført, vil Energinet.dk løbende redegøre for prioriteringen og eventuelle justeringer af de udpegede strækninger i sin Netudviklingsplan.

2.3.2 Principper for den fremtidige udbygning af elinfrastrukturen

Den stigende mængde vedvarende energi og etableringen af samarbejdsforbindelser, der skal sikre tilgængeligheden af energi mellem naboområder, øger behovet for udbygning af det interne transmissionsnet, hvilket af hensyn til tekniske og tabsmæssige forhold bør gennemføres i 400 kV-vekselstrømsnettet.

Det skal bemærkes, at reduktionen i investeringsomfanget inden for 400 kV-forskønnelsesprojekter og 132-150 kV-kabelhandlingsplan omfatter investeringer, der følger af planerne, som havde bred politisk opbakning. Investeringerne i udbygning af 132-150-400 kV-nettet omfatter de forudsatte mulige udbygninger af hensyn til forsyning, integration af VE og markedsskabelse, som ikke er politisk besluttede.

De økonomiske vurderinger viser, at det med de forudsatte udbygninger vil være ca. 4,2-5,5 mia. kr. billigere at gennemføre udbygninger af 400 kV-net med luftledninger frem for med kabler i jorden (Princip III-V). Det skal bemærkes, at reduktionen bygger på en række forudsatte mulige udbygninger af hensyn til forsyning, integration af VE og markedsskabelse, som ikke er politisk besluttede. Ud over at være billigere giver udbygning med 400 kV-luftledninger et teknisk bedre net, som er mindre komplekst, mere tabseffektivt og ikke mindst robust over for afvigelser i forudsætningerne.

Med baggrund i de økonomiske og tekniske analyser, vurderer Energinet.dk specifikt, at der vil være store tekniske/samfundsøkonomiske fordele ved potentielt at etablere følgende strækninger som 400 kV-luftledninger:

- 400 kV Vestkystopgraderingen (Esbjerg-grænse mod Tyskland)
- 400 kV Endrup-Idomlund (Esbjerg-Holstebro)
- 400 kV Landerupgård-Revsing (Kolding-Vejen)

Det kan tilføjes, at det som følge af Solcelleaftalen 15. november 2012, er forudsat, at der kan etableres et ekstra system på Idomlund-Tjele (Holstebro-Viborg) ved ombygning af den eksisterende masterække.

En endelig stillingtagen til de konkrete projekter kræver i lighed med de øvrige udbygninger godkendelse hos relevante myndigheder.

Etablering af nye 400 kV-forbindelser som rene luftledninger (Princip V) vurderes at give meget stor modstand på grund af landskabspåvirkning og nærhed til bebyggelse. Særlig vanskelig bliver det ved en samtidig fuldstændig annullering af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

For at fremme af accepten af nye 400 kV-luftledningsanlæg blandt borgere og lodsejere er der i Princip III og IV inkluderet en række redskaber, til at begrænse den samlede landskabelige påvirkning i de berørte områder:

- Der er mulighed for at gennemføre delvise kabellægninger af de nye 400 kV-luftledninger.
- Der er mulighed for at gennemføre kabellægning og sanering af 132-150 kV-nettet i nærheden af de nye 400 kV-luftledninger, således at den samlede mængde af luftledninger over 100 kV for holdes neutral for de fire konkrete projekter.
- Der kan gennemføres kompenserende kabellægning i distributionsnettet i forbindelse med krydsning af eksisterende 10-60 kV-forbindelser.

Ved etablering af ovenstående 400 kV-luftledninger er det endvidere vigtigt at inddrage borgerne i forbindelse med designvalg og linjeføring, ligesom erfaringen viser, at det ved god planlægning er muligt at reducere antallet af berørte boliger tæt ved luftledningsanlæg og samtidig friholde områder med store rekreative og naturmæssige interesser.

3. Baggrund

3.1 Historiske rammer

Frem til starten af 1990'erne var alt eltransmissionsnet i Danmark i overvejende grad etableret i form af luftledninger. For net over 100 kV var det kun 132 kV-kabelnettet i København samt søkabler, der blevet etableret i form af kabelløsninger.

I 1995 blev notatet "Principper for etablering og sanering af højspændingsanlæg" godkendt af Miljø- og Energiministeren og tiltrådt af øvrige interessenter. I henhold til disse principper blev det fastlagt, at der skulle tilstræbes en reduktion af det samlede luftledningsnet over 100 kV.
Det blev samtidig fastslået, at:

- 400 kV-ledningsanlæg som hovedregel kunne fremføres som luftledninger, og at kabler kun skulle overvejes i særlige tilfælde (indfødning til byer samt ved væsentlige nationale naturinteresser).
- Nye 132-150 kV-ledningsanlæg kunne etableres som luftledninger, når det kunne gøres uden væsentlige konsekvenser i forhold til bymæssig bebyggelse eller væsentlige naturinteresser.
- Det i den samlede planlægning skulle tilstræbes at fjerne eller kabellægge eksisterende 132-150 kV-luftledninger med en uhensigtsmæssig placering i forhold til bymæssig bebyggelse eller væsentlige naturinteresser.

Disse principper blev i 2004 og 2005 justeret, så der blev større muligheder for kabellægning dels af eksisterende 132-150 kV-luftledninger i boligområder, særlige naturområder og øvrige byområder og dels ved at nye 132 kV- og 150 kV-forbindelser fremover, som hovedregel skulle etableres som jordkabler. Der blev samtidig lagt vægt på, at nye 400 kV- og 132-150 kV-forbindelser også fremover kunne etableres som luftledninger i åbent land, når det kunne ske uden at komme i konflikt med særlige nationale naturinteresser. I forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger skulle der tilstræbes kabellægninger på lavere spændingsniveauer, så det samlede luftledningsnet over 100 kV reduceredes.

Nye 400 kV- og 132-150 kV-ledningsanlæg skulle derefter bl.a. planlægges under hensyn til, at:

- 400 kV-ledningsanlæg fortsat kunne fremføres som luftledninger, på nær i særlige tilfælde, hvor kabellægning på kortere strækninger skulle overvejes.
- 132-150 kV-ledningsanlæg kunne etableres som luftledninger, hvor det kunne ske som kombineret 400 kV- og 132-150 kV-luftledning. Derudover etableredes nye 132-150 kV-forbindelser som hovedregel som jordkabler. Luftledninger overvejedes kun i ganske særlige tilfælde.
- Der ville blive givet tilladelse til kabellægning af eksisterende 132-150 kV-luftledninger med en uhensigtsmæssig placering i forhold til bymæssig bebyggelse eller væsentlige naturinteresser.

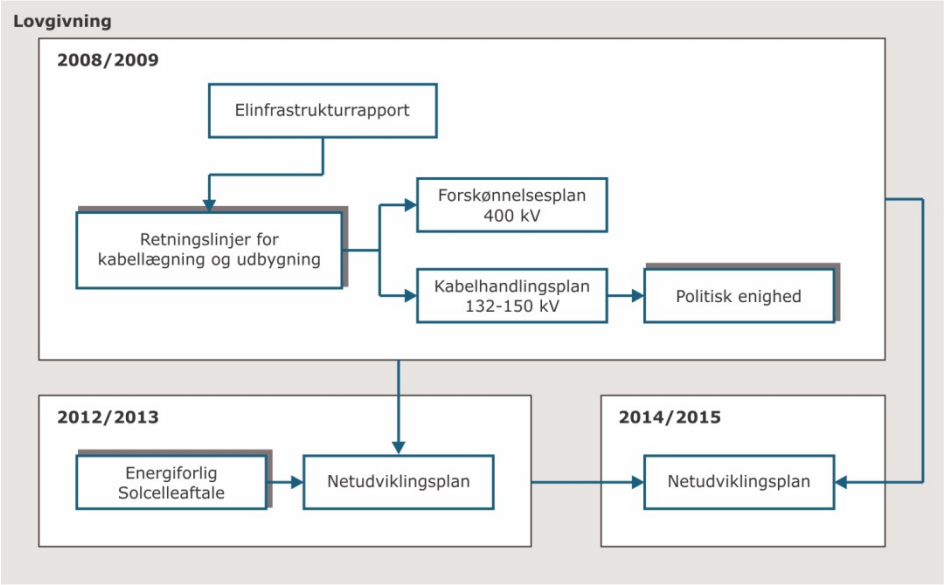
Disse retningslinjer søgtes anvendt i forbindelse med planlægningen af nettilslutningen af Horns Rev 2-havvindmølleparken. De konkrete planer mødte imidlertid betydelig lokal modstand, og fik samtidig ikke politisk opbakning. Det medførte, at der blev valgt en kabelløsning for så vidt angår Horns Rev 2, og det gav desuden anledning til en beslutning om at revidere de hidtidige retningslinjer.

3.2 Gældende rammer

Beslutningen om at revidere de hidtidige retningslinjer leder over til de rammer og retningslinjer, som i dag er gældende for Energinet.dks planlægning, udbygning og kabellægning af eltransmissionsnettet.

3.2.1 Politiske rammer

Politiske aftaler og retningslinjer sætter rammerne for fastlæggelse af netudviklingen af det danske transmissionsnet. Den overordnede sammenhæng mellem lovgivningen, de politiske rammer og Energinet.dk's netplanlægning fremgår af Figur 3.



Figur 3 Rammer fastlægger grundlaget for Energinet.dk's netudviklingsplaner. Rammerne opdateres løbende, mens lovgivningen er mere konstant.

Lovgivning

Af Systemansvarsbekendtgørelsen, BEK 891, kapitel 5, fremgår, at Energinet.dk skal gennemføre en sammenhængende, helhedsorienteret planlægning, og af Lov om Energinet.dk, kapitel 2, fremgår, at denne planlægning skal være argumenteret ved et tilstrækkeligt behov eksempelvis opretholdt forsyningssikkerhed, indpasning af vedvarende energi og beredskabsmæssige forhold samt pålæg fra ministeren.

Elinfrastrukturrapport

Med baggrund i den lokale modstand mod etablering af luftledninger blev der i 2007 igangsat et større udredningsarbejde i det såkaldte Elinfrastrukturudvalg, som var sammensat af repræsentanter fra Klima- og Energiministeriet, Energistyrelsen, Energinet.dk, Miljøministeriet v. By- og Landskabsstyrelsen samt Miljøcenter Odense, Finansministeriet, Kommunernes Landsforening og Dansk Energi.

Udvalget fremlagde den tekniske redegørelse Elinfrastrukturrapporten i april 2008, hvori der blev præsenteret seks forskellige udbygningsprincipper (Princip A til F) for 400 kV-nettet kombineret med en varierende grad af kabellægning af 132-150 kV-nettet i henhold til særskilte kabelhandlingsplaner. Der var politisk enighed om udbygningsprincip C – Nye 400 kV-forbindelser i kabler og

master i nyt design ved ét eksisterende tracé, samt kabellægning af eksisterende 132-150 kV-net i henhold til en særskilt kabelhandlingsplan.

Retningslinjer for kabellægning og udbygning
I forlængelse af Elinfrastrukturrapporten og den politiske enighed om udbygningsprincip C, blev der udarbejdet et sæt nye retningslinjer, som samtidig indebar en principiel beslutning om at gennemføre en sammenhængende kabelhandlingsplan for det eksisterende 132-150 kV-net. Retningslinjerne er beskrevet i notat af 8. oktober 2008 fra Energistyrelsen.

Netudviklingen i Danmark følger Energistyrelsens retningslinjer for kabellægning og udbygning af transmissionsnettet fra oktober 2008. Heri fremgår blandt andet, at:

- Nye 132-150 kV-forbindelser skal etableres som kabler i jorden.
- Det eksisterende 132-150 kV-net kabellægges i henhold til en sammenhængende kabelhandlingsplan.
- I takt med at udviklingen i forsyningssikkerhed, teknologi og samfundsøkonomi tilsiger det, skal alle 400 kV-forbindelser anlægges i jorden frem for på master.
- Der sker forskønnelser af 400 kV-forbindelser ved enten kabellægninger eller ændringer af linjeføringer.

På grund af tekniske problemstillinger og den økonomisk høje pris fremgår det endvidere af retningslinjerne, at tre specifikke 400 kV-forbindelser kan etableres som luftledninger uden yderligere analyser. På sigt skal det dog også vurderes, om disse tre strækninger kan lægges i jorden.

Energinet.dk har, jf. Netdimensioneringskriterier for net over 100 kV, 2013, administreret retningslinjerne ud fra, at nye 400 kV-forbindelser som udgangspunkt skal etableres som kabler (med undtagelse af de tre specifikke 400 kV-forbindelser). Dette er ikke anført eksplicit i Energistyrelsens retningslinjer, men afledt af, at det - for udbygningsprincip C i rapporten fra Elinfrastrukturudvalget - var anført, at nye 400 kV-forbindelser som hovedregel skal lægges i jorden.

Den politiske enighed om Kabelhandlingsplanen fra 2009
Efter afslutning af Kabelhandlingsplanen i 2009 var bred opbakning blandt partierne med undtagelse af Enhedslisten om gennemførelse af planen. Det blev fastlagt, at slutmålet for kabellægning af det eksisterende 132-150 kV-transmissionsnet skulle være 2030, og at luftledninger med nærhed til bebyggelse skulle være kabellagt senest i 2020.

Energiaftale og Solcelleaftale 2012
I 2012 blev der indgået to energipolitiske aftaler med betydning for gennemførsel af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen:

- Energiaftalen 22. marts 2012 blev delvist finansieret af udskydelser af 132-150 kV-kabellægninger til efter 2020. Målet var, at tariffen skulle reduceres med 130 mio. kr. i 2020 (faste 2012-priser). Kabellægninger, relateret til tilslutning af vedvarende energi (VE) anlæg og fjernelse af luftledninger med nærhed til bebyggelse, skal fortsat prioriteres.

- Solcelleaftalen 15. november 2012, hvis finansiering delvist skulle komme fra en justering af principperne for udbygning af 400 kV-forbindelser samt udskydelser af 400 kV-forskønnelsesprojekter og tilhørende 132-150 kV-kabellægninger.

  De forskønnelsesprojekter, der blev besluttet udskudt var Kongernes Nordsjælland, Roskilde Fjord og Årslev Engsø.

Jævnfør solcelleaftalen forudsættes etableringen af et ekstra 400 kV-luftledningssystem mellem Tjele og Idomlund gennemført ved at udbygge den eksisterende masterække med en top til ophængning af det ekstra system, som følge af justeringen af principperne for udbygning af 400 kV-forbindelser.

3.2.2 Strategiske rammer

Energinet.dk's Strategiplan 2014, udstikker den strategiske retning, som der arbejdes hen mod i de kommende 3 år. Strategiplanen er bygget op omkring fem indsatser:

- Forsyningssikkerhed
- Markedsudvikling
- Infrastruktur
- Energianalyser
- Informationssikkerhed

Her er særligt indsatsen omkring infrastruktur relevant for dette arbejde.

Fælles europæisk infrastruktur udbygning

Jævnfør Energinet.dk's strategi er det afgørende for Energinet.dk, at nye udvekslingsforbindelser kan realiseres hurtigere, end det tidligere har været tilfældet. Strategiens fokus er i forhold til optimering af det internationale samarbejde.

Øget udnyttelse af infrastrukturen

Strategien tilsiger også, at Energinet.dk vil øge udnyttelsesgraden af den eksisterende elinfrastruktur ved at indføre mere avanceret styring og overvågning.

Reduktion af omkostningerne

Energinet.dk arbejder strategisk med at øge systematikken og anvende risikobaseret tilgang i opgaver, der vedrører anlæggenes værdikæde fra modning til bortskaffelse. Målet er at optimere, såvel anlægs- som driftsudgifter, samtidig med at risici kan styres stramt.

Som en del af strategien arbejdes med:

- Mere effektive metoder til planlægning.
- Optimeringer ved at koordinere renoverings- og udbygningsprojekter i såvel planlægnings- som anlægsfasen.
- Valg af de rette løsninger – struktur- og komponentmæssigt.

3.2.3 Internationale rammer

Energinet.dk er en aktiv deltager i det europæiske TSO-samarbejde i ENTSO-E[3]. Når det vedrører udvikling og planlægning af transmissionssystemet, bidrager Energinet.dk til regionale og paneuropæiske netudviklingsplaner, herunder ENTSO-E's Ten Year Network Development Plan (TYNDP), som udgives hvert andet år og næste gang i 2016. Energinet.dk har ansvar for, at der er konsistens mellem nationale, regionale og paneuropæiske planer for de dele, der vedrører Energinet.dk.

[3] ENTSO-E: European Network and Transmission System Operators for Electricity

Energinet.dk sammentænker planlægning af det nationale transmissionsnet med planer for udbygning af forbindelser til nabo-områderne. Energinet.dk betragter dette som en naturlig del af den nationale planlægning i forhold til at sikre en effektiv fremtidig markedsfunktion.

3.3 Status på 400 kV-forskønnelsesplan

Energinet.dk's forskønnelsesrapport fra 2009 præsenterede seks forskønnelsesprojekter i 400 kV-højspændingsnettet med henblik på at gøre landskabet mere harmonisk.

Figur 4 Seks områder er udpeget til forskønnelse.

Forskønnelserne gennemføres ved enten at erstatte eksisterende luftledninger med kabler i jorden over kortere strækninger ved naturområder af national betydning eller ved at justere den eksisterende linjeføring over kortere afstande. De områder der indgår i forskønnelsesplanen, er:

- Aggersund
- Årslev Engsø
- Vejle Ådal
- Lillebælt
- Roskilde Fjord
- Kongernes Nordsjælland

Forskønnelserne blev i 2009 planlagt gennemført over en periode på 5 år, men tre af projekterne er efterfølgende blevet udsat til efter 2020 som en del af solcelleaftalen fra 2012. Det drejer sig om Roskilde Fjord, Kongerne Nordsjælland og Årslev Engsø.

Forskønnelsesprojekt Lillebælt er afsluttet i 2014, mens forskønnelsesprojekterne Aggersund og Vejle Ådal er igangværende projekter, der afsluttes i henholdsvis 2015 og 2016.

	Nye Kabler	Nedtagning af luftledninger	Samlede omkostninger
	km	km	mia.kr.
Lillebælt	2x12 km	2x13 km	0,4
Vejle Ådal	7 km (400 kV) 7 km (150 kV)	7 km (400 kV) 7 km (150 kV)	0,2
Aggersund	7 km	7 km	0,2
I alt			**0,8**

Tabel 11 Gennemførte og igangværende forskønnelsesprojekter.

De tre udskudte forskønnelsesprojekter er opsummeret i nedestående tabel.

	Nye Kabler	Nedtagning af luftledninger	Samlede omkostninger
	km	km	mia.kr.
Kongernes Nordsjælland	11 km	11 km	0,3
Roskilde Fjord	8 km	8 km	0,3
Årslev Engsø[4]	7 km (400 kV) 2x7 km (150 kV)	7 km (400 kV) 2x7 km (150 kV)	0,2
I alt			**0,7**

Tabel 12 Manglende forskønnelsesprojekter.

Såfremt forskønnelsesprojekterne annulleres, skal der i stedet gennemføres reinvesteringer i luftledningerne for ca. 0,2 mia. kr.

3.4 Status på 132-150 kV-kabelhandlingsplan

Realiseringen af kabelhandlingsplanen har været i gang i ca. 6 år. Den startede med de første få kabellægninger i 2009 og har nu nået et punkt, hvor afsluttede og igangværende projekter udgør ca. 25 % af det samlede 132-150 kV-luftledningsnet er demonteret.

3.4.1 Gennemførte og igangværende projekter

Samlet set omfatter de afsluttede og igangværende[5] projekter 750 km nye kabler og demontering af 834 system-km (679 tracé-km) luftledninger til samlede omkostninger på 3,6 mia. kr., Tabel 13. Den gennemsnitlige omkostning for fjernelse af luftledninger er 0,11 mio. kr./km og den gennemsnitlige omkostning for kabellægningerne er 4,3 mio. kr./km.

	Nye Kabler	Nedtagning af luftledninger	Nye stationer	Samlede omkostninger
	km	system-km	stk.	mia.kr.
Afsluttede 2009-2014	252	327	1	1,1
Igangværende Initieret af Netudviklingsplan 2013	396	433	3	2,0
I alt	**648**	**760**	**4**	**3,1**
Igangværende Øvrig initiering	102	74	0	0,5
Alt i alt	**750**	**834**	**4**	**3,6**

Tabel 13 Gennemførte og igangværende projekter siden Kabelhandlingsplan 2009.

De luftledninger der siden 2009 er demonteret eller er ved at blive det fremgår af Figur 5, side 27. De kabellægningsprojekter der skal erstatte luftledningerne og udbygge nettet fremgår af Figur 6, side 28.

[4] Gennemføres enten med kabellægning eller flytning af eksisterende luftledningstracé. I dette arbejde forudsættes der en kabellægning.

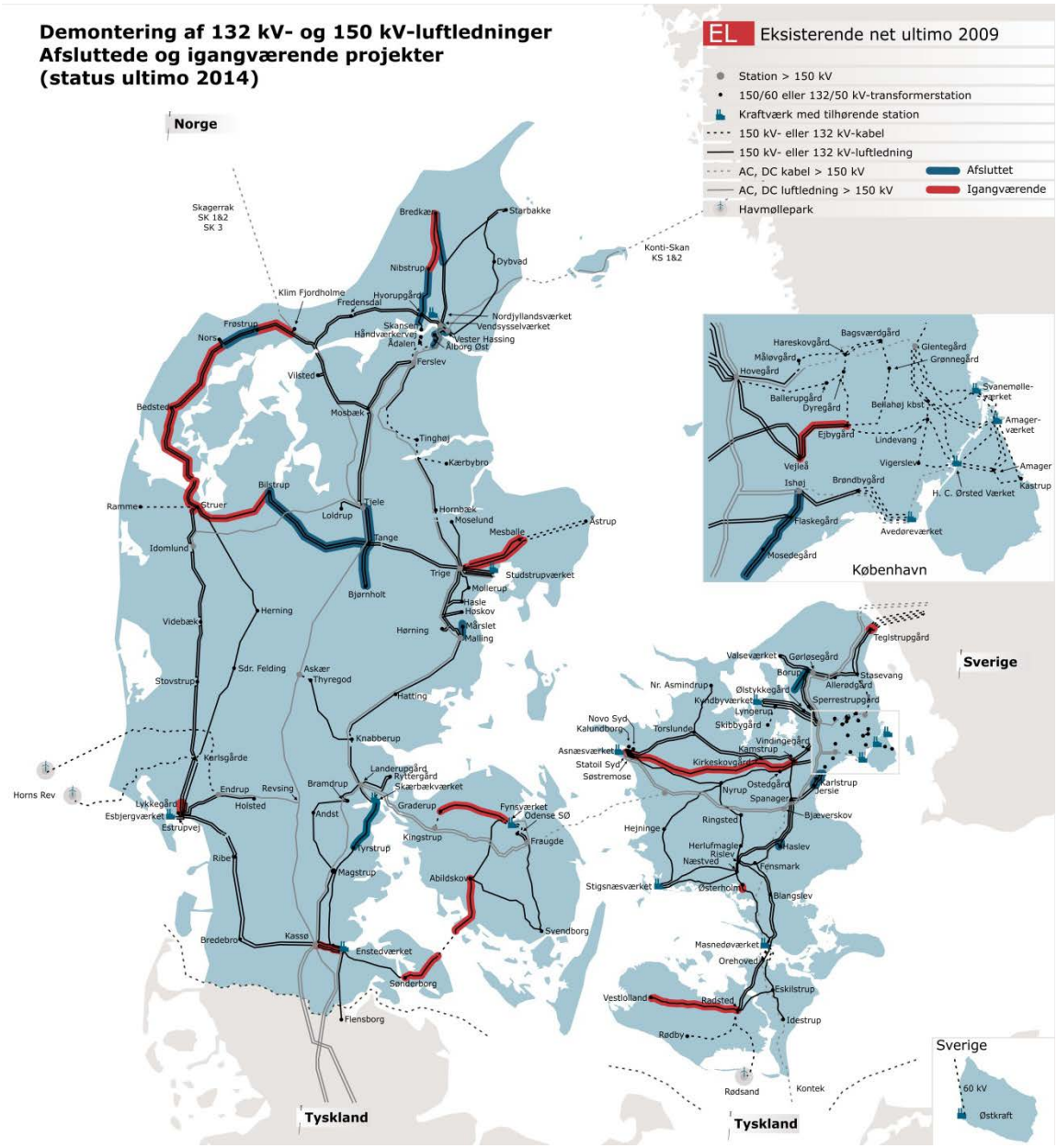
[5] Igangværende projekter omfatter alle projekter der er godkendt i Energinet.dk, også selv om de eventuelt ikke er godkendt af EFKM endnu.

Afsluttede projekter
Siden 2009 er der gennemført kabellægningsprojekter der omfatter nedtagning af ca. 327 system-km luftledning (209 trace-km) og kabellægning af ca. 252 km kabler. De samlede omkostninger til de afsluttede projekter er opgjort til ca. 1,1 mia. kr., Tabel 13.

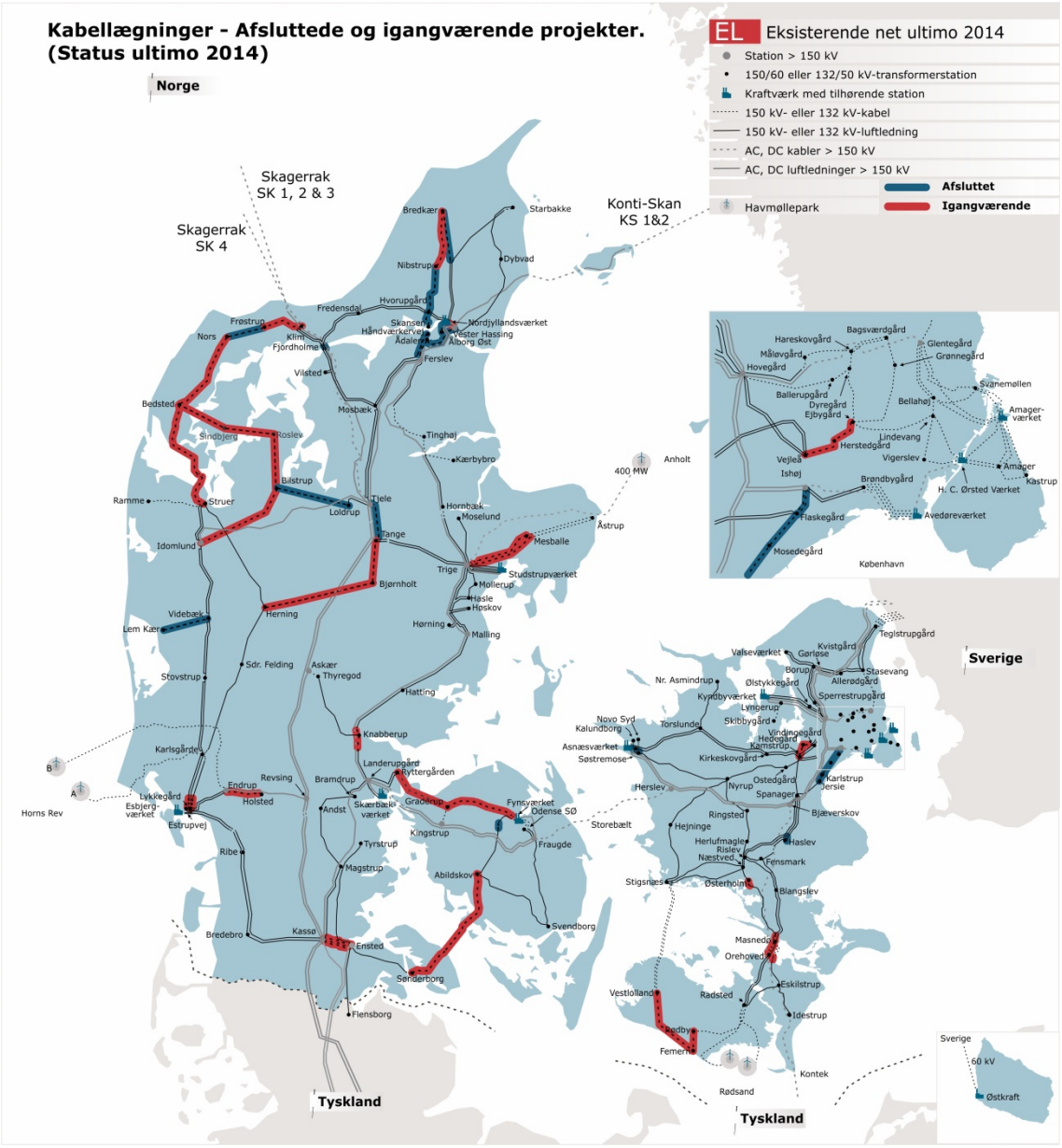
Igangværende projekter initieret af Netudviklingsplan 2013
Igangværende projekter omfatter alle projekter på 132-150 kV, der er godkendt af Energinet.dk. Der er i øjeblikket igangværende anlægsprojekter initieret af Netudviklingsplan 2013, som omfatter etablering af 396 km kabel og nedtagning af 433 system-km luftledning (315 trace-km). De samlede omkostninger er budgetteret til ca. 2,0 mia. kr.

Projekterne er en blanding af kabellægninger som følge af nedtagning af luftledninger og den generelle udvikling i produktion og forbrug. Derudover er der også projekter udløst af konkret udbygning med især landvind og tilslutning af nyt forbrug eller behov udløst af 3. parts henvendelser.

Igangværende projekter – initieret af andre årsager
Siden Netudviklingsplan 2013 er der yderligere igangsat projekter initieret af hensyn til 3. parts henvendelser og forsyningssikkerhed. Disse er uafhængige af kabelhandlingsplanen, men der demonteres også luftledninger. Projekterne omfatter etablering af 87 km kabel og nedtagning af 74 system-km luftledning (74 trace-km), med samlede omkostninger budgetteret til 0,5 mia. kr.



Figur 5 Gennemførte og igangværende demonteringer af 132-150 kV-luftledninger siden 2009.



Figur 6 Gennemførte og igangværende 132-150 kV-kabelprojekter siden 2009.

Som følge af nærværende redegørelse, er de partielle kabellægninger ved henholdsvis Esbjerg og Næstved – markeret som igangværende ovenfor – sat på hold. Disse to projekter indgår dermed i vurderingen af det mulige besparelsespotentiale.

3.4.2 Mulige projekter

Foruden allerede afsluttede og igangværende projekter for 3,1 mia. kr., er der i Netudviklingsplan 2015 kortlagt et samlet investeringsbehov i 132-150 kV-nettet på ca. 10,8 mia. kr. Dette omfatter gennemførelse af ca. 1.800 km 132-150 kV-kabelprojekter og demontering af ca. 1.700 tracé-km 132-150 kV-luftledninger (2.600 system-km).

Kabelhandlingsplanen omfatter en samlet restrukturering af 132-150 kV-nettet, og indeholder således også de netforstærkninger, som er nødvendige af hensyn til forsyning af forbrugere og indpasning af VE.

Da der er tale om en samlet restrukturering, er det vanskelig at opdele planen i projekter af forskønnelsesmæssig karakter og deciderede netforstærkninger. I denne redegørelse er dette forsøgt estimeret, hvilket har vist et samlet investeringsomfang i kabelhandlingsplanen på ca. 9,2 mia. kr. og ca. 1,6 mia. kr. til netforstærkninger.

3.5 Besparelsespotentiale for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne

Baseret på de mulige projekter i kabelhandlings- og forskønnelsesplanen er der beregnet et besparelsespotentiale, når der tages højde for de nødvendige netforstærkninger og reinvesteringer, der vil være i 132-150 kV-nettet.

Besparelsespotentialet er opgjort til 6.351 mio. kr. for 132-150 kV-kabelhandlingsplanen og for 487 mio. kr. for 400 kV-forskønnelsesprojekterne, samlet **6.838 mio. kr**. frem mod 2040 (se evt. afsnit 7.1.1)

De ca. 6,8 mia. kr. frem mod 2040 kan sammenholdes med det tidligere udmeldte besparelsespotentiale på ca. 6,3 mia. kr. frem mod 2030. Forskellen i besparelsespotentialet skyldes, at der i denne redegørelse er anvendt Energinet.dk's Netudviklingsplan 2015 som reference, mens der i det oprindelige besparelsespotentiale blev taget udgangspunkt i Netudviklingsplan 2013. Herudover er referenceåret ændret fra 2030 til 2040, da dette giver et mere retvisende sammenligningsgrundlag mellem en kabelhandlingsplan og en modsvarende reinvesteringsplan.

Netudviklingsplan 2015 indeholder bl.a. ca. 200 km mere kabellægning i 132-150 kV-nettet end Netudviklingsplan 2013, ligesom der er forudsat betydelig højere omkostninger til stationsændringer i forbindelse med kabellægning, samlet set ca. 1,5 mia. kr. Omvendt er der i det nye besparelsespotentiale medregnet ca. 0,9 mio. kr. mere til reinvesteringer i perioden efter 2030 og ca. 0,1 mia. kr. mere til forstærkning af 132-150 kV-nettet, såfremt dette ikke kabellægges. Forskellene er opsummeret i nedenstående tabel.

	Besparelsespotentiale kommissorium (NUP2013 som reference)	Nyt besparelsespotentiale (NUP2015 som reference)
132-150 kV NUP	9,3	10,8
Reinvesteringer	-2,0	-2,9
Forstærkninger	-1,5	-1,6
Forskønnelsesprojekter	0,5	0,5
I alt	**6,3**	**6,8**

Tabel 14 Forskel mellem besparelsespotentiale fra kommissorium og genberegning af besparelsespotentiale.

3.6 Besparelsespotentiale for allerede godkendte projekter

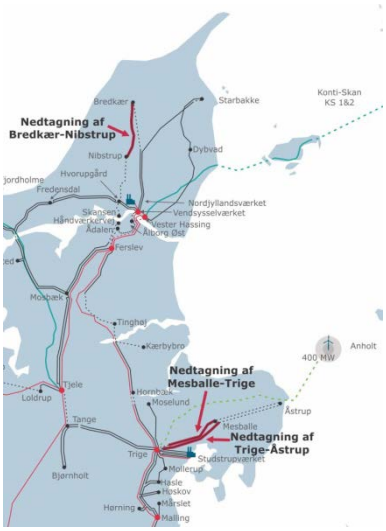
Der er gennemført en screening af muligheden for at annullere kabelhandlingsplansprojekter, som allerede er godkendte af Energinet.dks bestyrelse.

Screeningen har peget på, at en mulig annullering af to konkrete projekter, ikke vil have nogen større konsekvenser for forsyningssikkerheden, VE-integrationen eller gennemførelse af øvrige projekter. Disse projekter er:

- Bredkær-Nibstrup
- Mesballe-Trige

En annullering af disse to projekter giver et isoleret besparelsespotentiale på 213 mio. kr., når der tages højde for de reinvesteringer, der alternativt skal gennemføres.

De projekter behandles separat i afsnit 8.



Figur 7 Mulig udskydelse af projekterne Bredkær-Nibstrup og Mesballe-Trige

4. Forudsætninger og udbygningsbehov

I dette afsnit beskrives det forudsætningsgrundlag, som redegørelsen bygger på, samt det udbygningsbehov som det anvendte forudsætningsgrundlag foranlediger.

4.1 Fokus-år

Denne redegørelse leverer et bud på en langsigtet netstruktur i 2040. Netudviklingen år for år planlægges og kortlægges i den efterfølgende detailplanlægning og i de tilbagevendende netudviklingsplaner. Det ligger ud over det arbejde, som beskrives i denne rapport.

4.2 Analyseforudsætninger

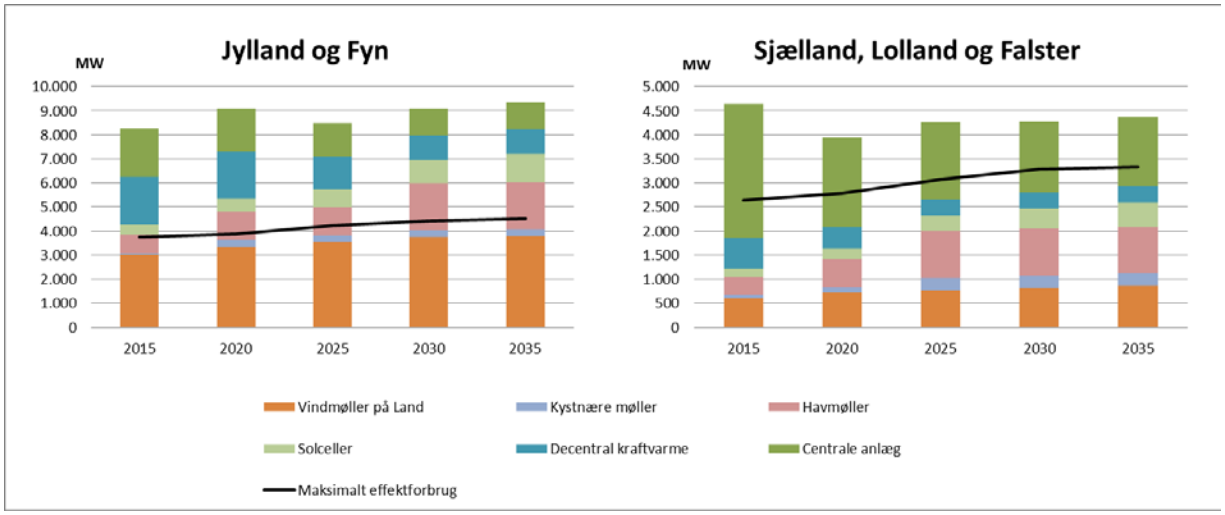
For at gennemføre en sammenhængende og helhedsorienteret netplanlægning er det nødvendigt med en række antagelser om, hvordan forbrug, produktion, samarbejdsforbindelser og priser udvikler sig fremadrettet.

Til dette formål anvendes der i denne redegørelse Energinet.dk's Analyseforudsætninger 2015-2035. Forudsætninger bygger på en række antagelser og svarer til de forudsætninger, som er anvendt både i Energistyrelsens rapport om Elforsyningssikkerhed i Danmark, juli 2015, og i Energinet.dk's Redegørelse for elforsyningssikkerhedsredegørelse 2015, september 2015.

Det er i forbindelse med arbejdet forudsat, at analyseforudsætningerne for 2035 også er gældende for 2040.

4.2.1 Forbrugs- og produktionsfremskrivninger

Energinet.dk's analyseforudsætninger 2015 indeholder fremskrivninger for forbrug og produktion på systemniveau som effektværdier som vist i Figur 8.



Figur 8 Forudsætningerne for forbrug og produktionskapacitet

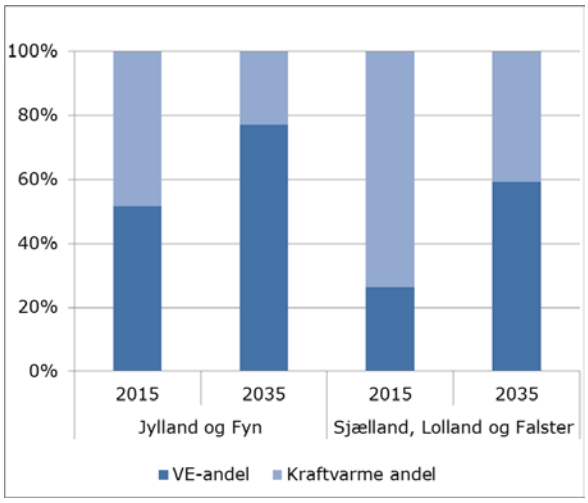
Forbrug

Forbrugsudviklingen dækker over den forventede udvikling i klassisk forbrug, svarende til hushold, industri, landbrug m.m. samt forbrug til varmepumper, elbiler og til elektrificering af jernbanen.

Produktionskapacitet

I perioden frem til 2035 er der forudsat et fald i kapaciteten på kraftvarme-enheder – både decentralt og centralt. Faldet udlignes af en større stigning i produktionskapaciteten på landbaserede vindmøller, kystnære vindmøller, havvindmøller og solceller.

Samlet set er den installerede produktionskapacitet steget i Jylland og Fyn, mens den er reduceret marginalt på Sjælland, Lolland og Falster.



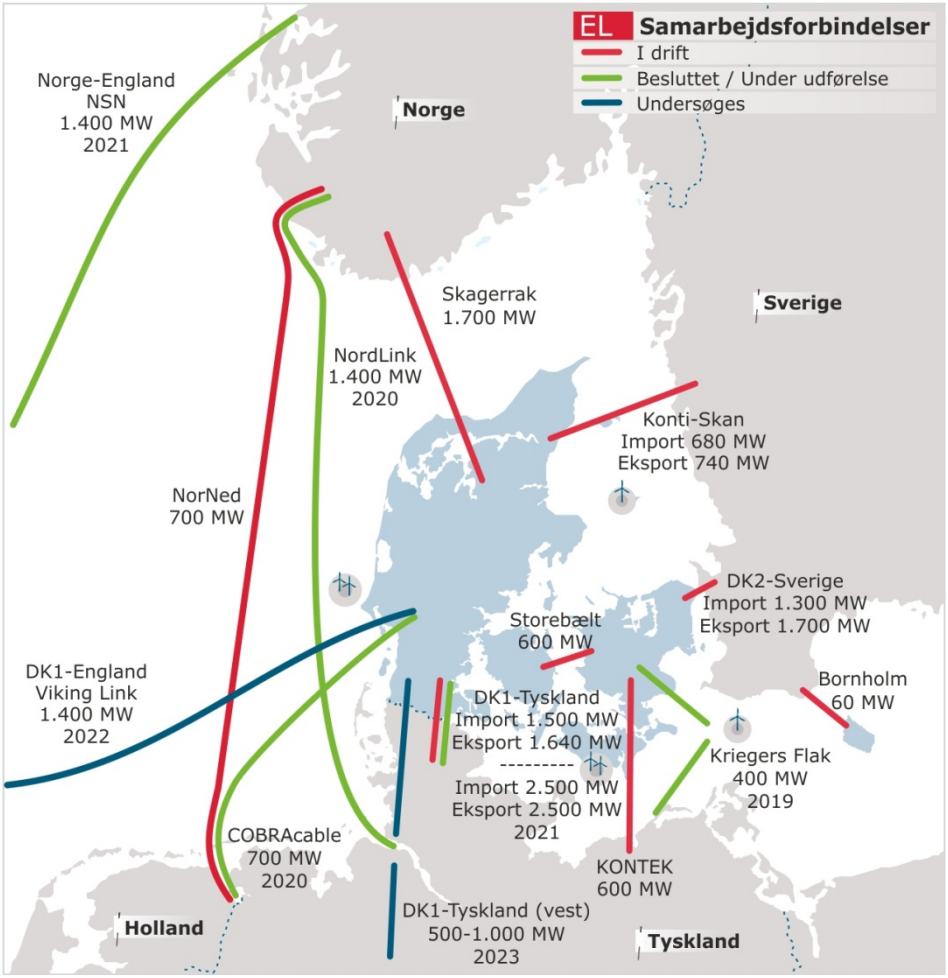
Figur 9 Relativ fordeling mellem installeret VE- og kraftvarme produktionskapacitet.

Det er altså en grøn omstilling især i form af havvindmøller, men også kystnære vindmøller og solkraft der præger udviklingen. Udviklingen af andelen af VE- og kraftvarmekapacitet i forhold til den samlede installerede produktionskapacitet ses i Figur 9.

Der er kun marginal bevægelse i den andel der er tilsluttet transmissionsnettet i forhold til distribution i perioden.

4.2.2 Samarbejdsforbindelser

Kortet i Figur 10 viser eksisterende (rød), besluttede (grøn) og mulige (blå) samarbejdsforbindelser.



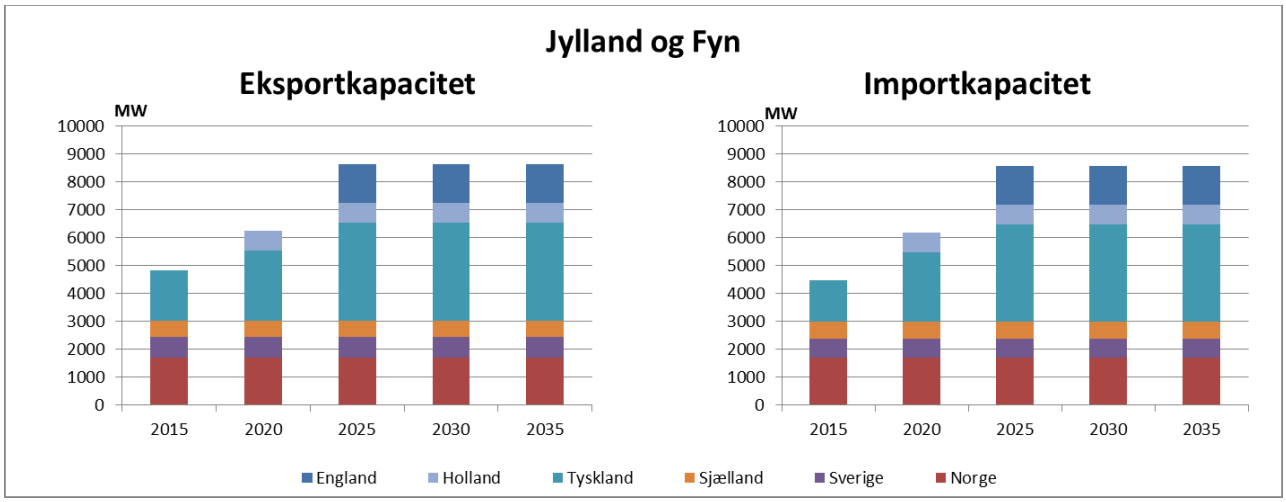
Figur 10 Udlandsforbindelser til og omkring Danmark. Årstal angiver forventet første hele driftsår

Herudover forventes der realiseret en 1.400 MW jævnstrømsforbindelse til England (Viking Link) samt andet step i udbygningen af kapaciteten til Tyskland via den såkaldte Vestkystforbindelse[6], hvilket vil øge handelskapaciteten til 3.500 MW.

Udvekslingskapacitet

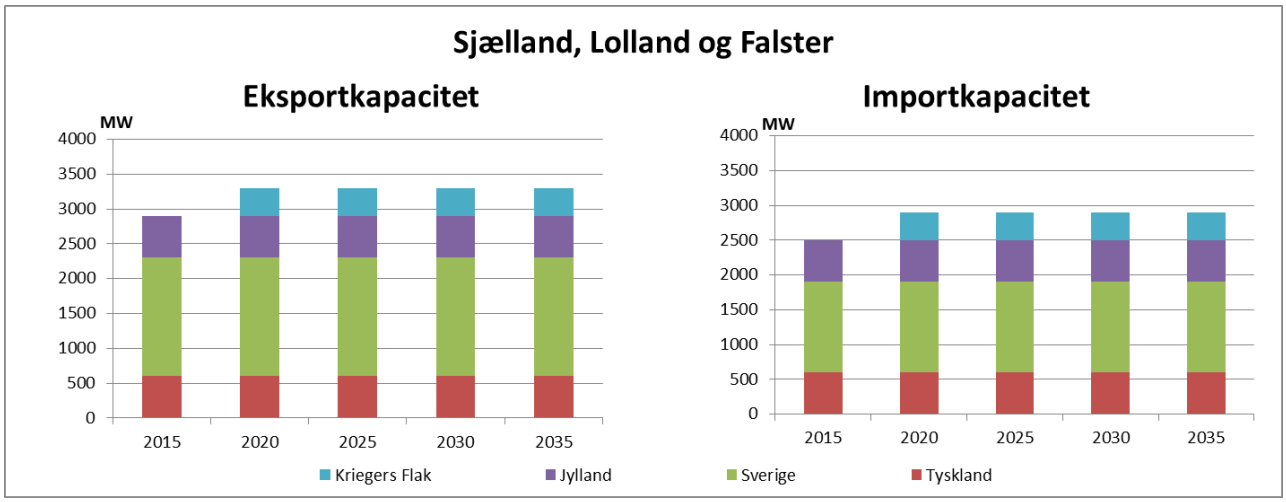
Forudsætningerne for udvekslingskapacitet fremgår af Figur 11 for Jylland og Fyn og af Figur 12 for Sjælland, Lolland og Falster. Samlet set forudsættes en udbygning i perioden frem til 2035 på ca. 2.100 MW import og ca. 1.800 MW eksport.

[6] Vestkystforbindelsen forudsættes etableret med to vekselstrømssystemer, med en overføringskapacitet på ca. 2.000 MW pr. system for at kunne matche overføringsevnen i den luftledning, som tyskerne bygger op til grænsen. Det endelige overføringskrav skal aftales i samarbejde med tyskerne og afhænger bl.a. den forudsatte mængde af vindkraft i det danske og tyske el-system, samt hvilke fejlsituationer der skal kunne håndteres.



Figur 11 Den forudsatte udvekslingskapacitet.

Af allerede besluttede projekter i Jylland og Fyn indgår en 700 MW jævnstrømsforbindelse til Holland (Cobra), der forudsættes idriftsat i 2019, samt første step i udbygning af kapaciteten til Tyskland ved en opgradering af eksisterende 220 kV-forbindelser til 400 kV, hvilket vil øge kapaciteten til 2.500 MW.



Figur 12 Den forudsatte udvekslingskapacitet.

På Sjælland, Lolland og Falster øges kapaciteten til Tyskland med ca. 400 MW med etableringen af Kriegers Flak havmøllepark, der forudsættes i drift i 2018. Kapaciteten er bestemt af den tyske ilandføring af havvindmøller ved Kriegers Flak, og vil i øvrigt kun være til rådighed i det omfang, at kapaciteten på ilandføringsanlægget ikke er optaget af produktion fra henholdsvis de tyske og danske vindmøller. Den danske ilandføring kan overføre op til 600 MW, svarende til den danske vindmølleparks størrelse.

4.3 Elinfrastrukturens opgaver

Analyseforudsætningerne afspejler den overordnede tendens for udviklingen af elsektoren i hele Europa, hvor der gennemføres stadig mere udbygning med VE samt etablering af flere og stærkere samarbejdsforbindelser med nabolandene for at sikre et velfungerende elmarked.

En af grundforudsætningerne, for at dette kan lade sig gøre, er, at det nationale transmissionsnet understøtter opsamling af VE såvel som transit af store effekter. Udviklingen i VE-udbygning kan desuden gå meget hurtigt. Det er derfor vigtigt, at transmissionsnettet er robust og fremtidssikret i et vist omfang.

4.3.1 Funktionsprincip for de forskellige spændingsniveauer

Det danske elnet består af flere spændingsniveauer, som ideelt set har hver deres funktionsprincip:

Spændingsniveau	Betegnelse	Funktionsprincip
220-400 kV	Overordnet transmissionsnet	Transportkorridor til transit, VE og forsyning Tilslutning af større kraftværker og havmølleparker Evt. forsyning af større forbrugsområder som fx København
132-150 kV	Regionale transmissionsnet	Opsamling af VE fra de lokale distributionsnet Forsyning til de lokale distributionsnet
10-60 kV	Distributionsnet	Opsamling af VE Forsyning af til lavspændingsnettet og større forbrugere
0,4 kV	Lavspændingsnet	Forsyning af husstande mv.

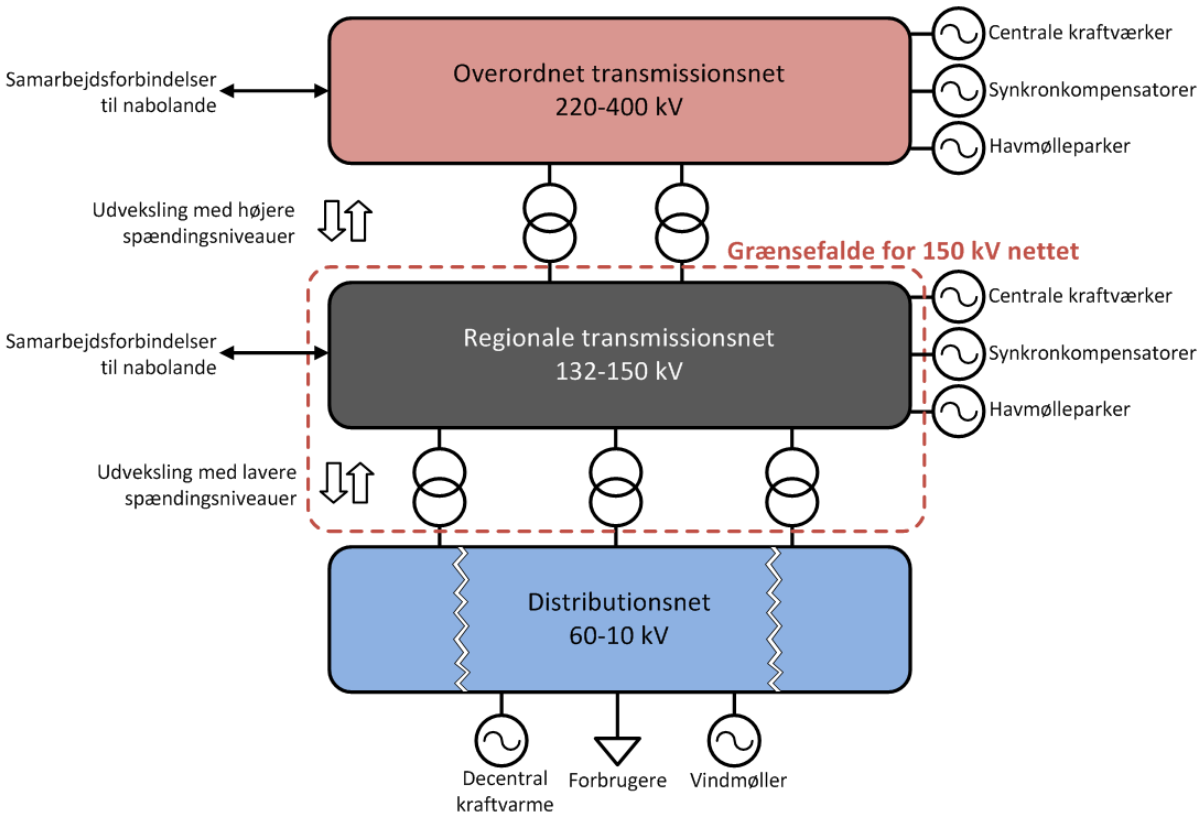
Tabel 15 Funktionsprincipper for de forskellige spændingsniveauer i det danske elnet.

Som det fremgår, udgør 400 kV-nettet den overordnede transportkorridor for store effekter i både DK1 og DK2. Med et forsat stigende transportbehov ønskes det også fremadrettet at holde de store effekttransporter i 400 kV-nettet, hvilket skyldes både tekniske, belastningsmæssige og tabsmæssige forhold.

Med dette udgangspunkt ønskes effekttransporterne i 132-150 kV-nettene begrænset til opsamling af VE og forsyning til de lokale distributionsnet. Det vil i et vist omfang være muligt at anvende 132-150 kV-nettet som redundans for 400 kV-nettet, når effekttransporterne er begrænsede. Interne netforstærkninger af transportkorridorerne kan således gennemføres som 132-150 kV-løsninger. Disse vil dog have en tendens til at være "lappeløsninger", som vil være forbundet med en række afledte problemer i form af meget snævre grænser for overbelastninger, manglende robusthed overfor ekstra krav til elsystemet, risiko for uforudsete ekstra-omkostninger ved afledte netbegrænsninger og store driftsmæssige bindinger. Lappeløsninger på 132-150 kV-niveau vil derfor kun være en god løsning, hvis der er rimelig sikkerhed for, at der absolut ikke bliver behov for yderligere kapacitet på lidt længere sigt.

Funktionsprincipperne for de forskellige spændingsniveauer svarer til de overordnede overvejelser, der blev anvendt i forbindelse med udarbejdelse af Elinfrastrukturrapporten 2008 og Kabelhandlingsplan 2009.

De ideelle funktionsprincipper kan sammenholdes med nedenstående principskitse for, hvordan det danske elnet drives i dag.



Figur 13 Principskitse af det danske elnet.

Som det fremgår af Figur 13, følger det danske elnet ikke helt de ideelle funktionsprincipper fra Tabel 15, da der i 132-150 kV-nettet er tilsluttet både samarbejdsforbindelser og centrale kraftværker. Dette skyldes, at 132-150 kV-nettet tidligere har været det højeste spændingsniveau, og dermed det naturlige tilslutningspunkt for disse enheder. I takt med at de ældre kraftværker og samarbejdsforbindelser udfases eller reinvesteres, forventes der fremadrettet en gradvis reduktion af disse tilslutninger, således at elsystemet nærmere sig de ideelle funktionsprincipper.

4.3.2 Krav til nettet

Det danske eltransmissionsnet drives med (n-1)-sikkerhed, hvilket betyder, at en enkelt fejl i det nationale transmissionsnet ikke må lede til uacceptable konsekvenser for forsyning, marked og udnyttelse af VE.

Efter den første fejl er indtrådt, skal driften hurtigst muligt (15-20 minutter) sikre en tilstand i systemet der gør, at der kan tåles endnu en fejl uden større forsyningsmæssige konsekvenser. Planlægning af forberedelse til fejl nr. 2 kaldes for (n-1)-1-sikkerhed, hvilket enten kan være indbygget i netstrukturen eller alternativt ved i driften at aktivere afhjælpende foranstaltninger, fx i form af aktivering af nationale produktionsreserver og ændring af udvekslingskapaciteten på udlandsforbindelserne, hvis der er lavet specifikke aftaler om dette.

I dag findes der ikke nogen specifikke aftaler med vores nabolande vedr. ændring af udvekslingskapaciteten. Samtidig betyder den øgede VE-udbygning, at markedsforholdene ændres, særligt for centrale og decentrale kraftvarme værker. Fremadrettet forudsættes det derfor, at flere værker

lukker, hvormed muligheden for at anvende nationale produktionsreserver i forbindelse med fejlsituationer begrænses.

Med mindre der indgås konkrete aftaler for de enkelte samarbejdsforbindelser, betyder dette, at nettet fremover i højere grad skal stå reserve for sig selv, således at en enkelt fejl i det interne net ikke leder til begrænsninger på udvekslingsforbindelser. Den effektudveksling der er til stede før en fejl, skal således også kunne håndteres efter fejlen (n-1-sikkerhed) samt tåles i en kortere periode i tilfælde af at fejl nr. 2 indtræder ((n-1)-1-sikkerhed)).

I forbindelse med modning af udbygningsprojekter som er initieret af (n-1)-1-sikkerhedsprincippet, gennemføres der en konkret vurdering af mulighederne for evt. anvendelse af nationale produktionsreserver og indgåelse af aftaler med nabolande vedr. ændring af udvekslingskapaciteten i forbindelse med fejlsituationer.

Baseret på ovenstående kan kravene opsummeres til nettet meget overordnet opsummeret som i tabellen nedenfor.

Netstadie	Tidsperiode	Krav
Intakt net	Kontinuert	Alle effektflows skal kunne håndteres kontinuert.
(n-1)	40 timer	Efter første fejl skal nettet kunne drives videre med de givne effektflows i 40 timer, indtil der kan indføres eventuelle markedsbegrænsninger.
(n-1)-1	15-20 minutter	Efter anden fejl skal nettet kunne drives videre med de givne effektflows i 15-20 minutter, indtil driften kan tage de nødvendige tiltag til at sikre forsyningen.

Tabel 16 Overordnede krav til nettet i forbindelse med forskellige fejlsituationer.

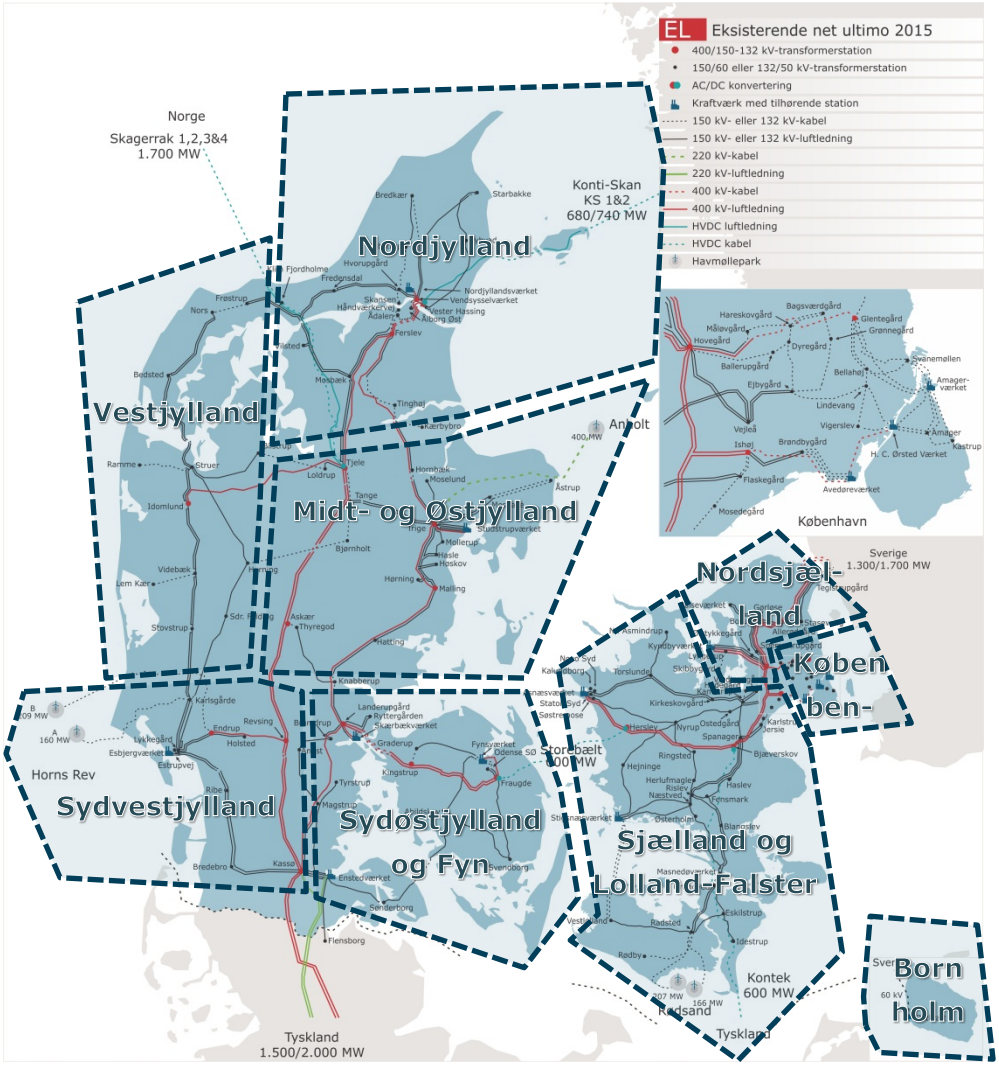
4.4 Udbygningsbehov i eltransmissionsnettet

Baseret på de overordnede overvejelser omkring udbygning, funktionsprincipper for de forskellige spændingsniveauer og de konkrete analyseforudsætninger, kan der opstilles et overordnet udbygningsbehov i forhold til det eksisterende transmissionsnet.

Udbygningsbehovet vurderes både for 400 kV- og 132-150 kV-nettet.

4.4.1 Regionale karakteristika

For at illustrere de fremtidige overføringsbehov for udvalgte dele af transmissionsnettet er det valgt at inddele nettet i geografiske områder, som vist i Figur 14.



Figur 14 Grov områdeinddeling af det danske eltransmissionsnet.

De enkelte områder er karakteriseret på forskellige måder i forhold til mængden af forbrug, produktion og tilslutningspunkter for samarbejdsforbindelser. Dette er nærmere beskrevet i de følgende afsnit.

4.4.1.1 Nordjylland

I Nordjylland er der allerede i dag store mængder landbaseret vindkraft, hvilket *forventes* at stige yderligere fremover.

Herudover er Nordjyllandsværket og jævnstrømsforbindelserne Konti Skan 1+2 fra Sverige tilsluttet i 400 kV-nettet nord for Aalborg.

Jævnfør analyseforudsætningerne *forventes* der i fremtiden tilsluttet en havmøllepark ved Jammerbugten.

4.4.1.2 Vestjylland

I Vestjylland er der allerede i dag store mængder landbaseret vindkraft, hvilket *forventes* at stige yderligere fremover.

4.4.1.3 Midt-, og Østjylland

Midt- og Østjylland er præget af større provinsbyer og industriområder langs E45, Midtjyske Motorvej og Herning-/Silkeborgmotorvejen.

Herudover er der tilsluttet flere centrale og større decentrale kraftværker, Anholt vindmøllepark samt jævnstrømsforbindelserne Skagerrak 1-4 fra Norge.

4.4.1.4 Sydvestjylland

I Sydvestjylland er der allerede i dag store mængder landbaseret vindkraft, hvilket *forventes* at stige yderligere fremover.

Der er tilsluttet havmølleparker ved Horns Rev (HR1+2), ligesom der er *besluttet* en ny jævnstrømsforbindelse til Holland samt endnu en havmøllepark ved Horns Rev (HR3).

Jævnfør analyseforudsætningerne *forventes* der i fremtiden tilsluttet en ny jævnstrømsforbindelse til England, en vekselstrømsforbindelse på vestkysten til Tyskland samt endnu en havmøllepark ved Horns Rev (HR4).

4.4.1.5 Sydøstjylland og Fyn

Sydjylland og Fyn er præget af større forbrugscentre fra provinsbyer og industriområder langs E45 og E20 primært nær trekantsområdet og Odense.

Det danske vekselstrømsnet er forbundet til Tyskland via Kassø og det er *besluttet* at gennemføre en opgradering af de eksisterende 220 kV-luftledninger til 400 kV.

Herudover er der tilsluttet en jævnstrømsforbindelse til Sjælland fra Fyn.

4.4.1.6 Sjælland og Lolland-Falster

I den sydlige del af Sjælland og på Lolland-Falster er der store mængder vindkraft.

Herudover er der tilsluttet jævnstrømsforbindelser til henholdsvis Jylland og Tyskland.

4.4.1.7 København

København er et udpræget forbrugsområde, der i dag forsynes via det overordnede transmissionsnet samt fra de centrale kraftværker i området.

Udfasning af de centrale kraftværker betyder, at København fremadrettet i langt højere grad vil blive forsynet og reserveforsynet via det overordnede transmissionsnet.

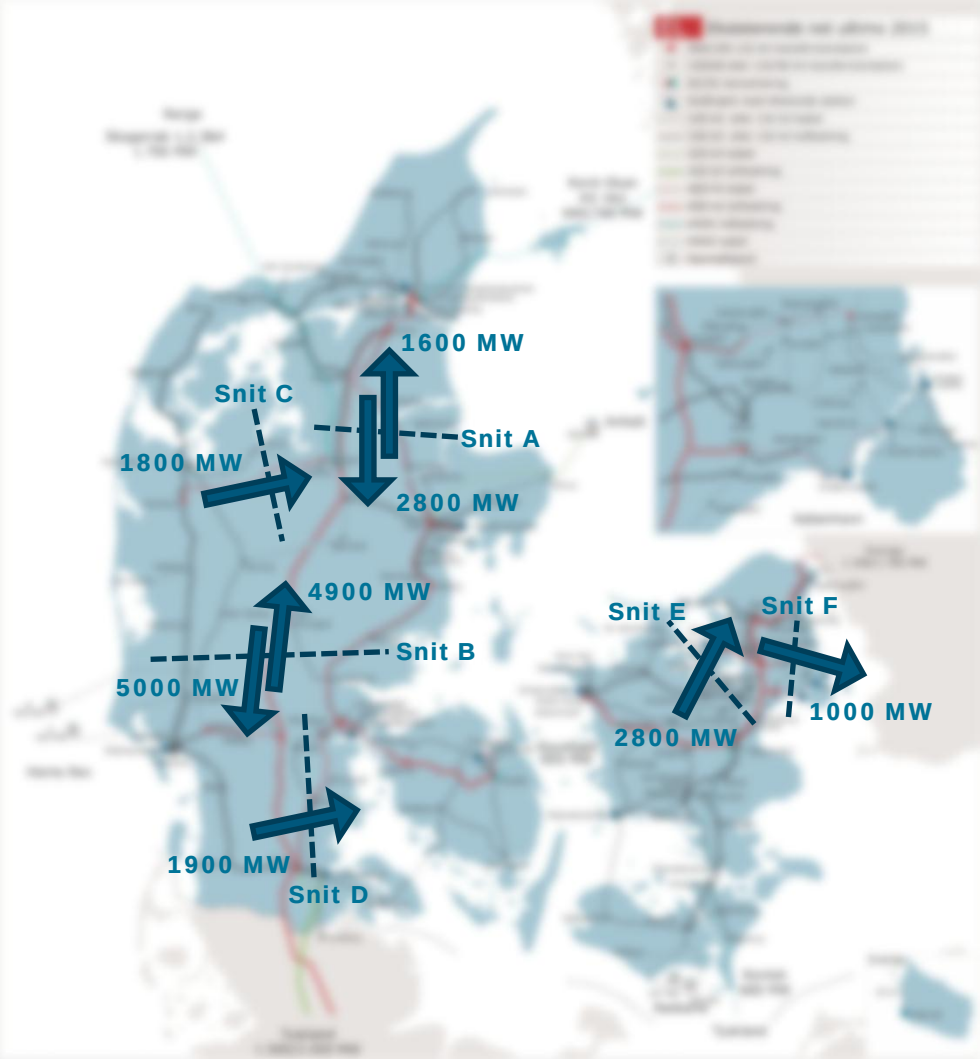
4.4.1.8 Bornholm

Bornholm er tilsluttet det svenske elnet via et 60 kV-kabel, ejet af Energinet.dk.

4.4.2 Effektflow i det interne transmissionsnet

For at kunne integrere og håndtere den forsatte VE-udbygning samt nye udlandsforbindelser er det nødvendigt med et tilstrækkeligt overføringsbehov i det oveordnede transmissionsnettet.

I figuren nedenfor er størrelsesordenen for de maksimale interne effektflow i udvalgte snit illustreret baseret på de anvendte analyseforudsætninger.



Figur 15 Størrelsesordenen for overføringsbehovet i udvalgte snit.

4.4.2.1 Snit A

Fra Nordjylland er der et behov for at kunne komme af med de store mængder vindeffekt samt import fra Sverige. I den modsatte retning er der behov for at hente effekt til forsyning af forbruget i området samt eksport til Sverige.

For snit A er der et overføringsbehov på ca. 2.800 MW. Med de to 400 kV-forbindelser der er i dag, vil det være presset ved (n-1), mens det ikke vurderes at være muligt at håndtere ved (n-1)-1-hændelser.

Der vil dermed være behov for udbygning i dette snit, hvilket skyldes den *forudsatte* tilgang af landbaserede vindmøller samt Jammerbugt Havmøllepark samt udfasningen af kraftværker til aflastning ved (n-1)-1.

4.4.2.2 Snit B

I snittet mellem Sydjylland og Midtjylland findes de største effekttransporter i Danmark, hvor storemængder vindeffekt og import fra Norge og Sverige skal kunne transporteres til henholdsvis Tyskland, Holland, England og Sjælland. I den modsatte retning skal vindeffekt og import fra Tyskland, Holland, England og Sjælland kunne løbe til Norge og Sverige samt forsyne hovedparten af de jyske forbrugere.

For snit B er der et overføringsbehov på ca. 5.000 MW. Med de tre 400 kV-forbindelser der er i dag, vil det lige være muligt ved (n-1)-hændelser, mens det ikke vurderes at være muligt at tåle en (n-1)-1-hændelse.

Der vil dermed være behov for udbygning i dette snit, hvilket skyldes den *forudsatte* tilgang af land- og havbaserede vindmøller både nord og syd for snittet, de nye ulandsforbindelser til henholdsvis England og Tyskland samt udfasningen af kraftværker til aflastning ved (n-1)-1.

4.4.2.3 Snit C

I Vestjylland er der som nævnt store mængder vindeffekt, som skal kunne transporteres ind til det stærkere 400 kV-net for enten at blive afsat til naboområder eller indenlandske forbrugere.

For snit C er der et overføringsbehov på ca. 1.800 MW. Med den ene 400 kV-forbindelse der er i dag, vil det ikke være muligt at aftage effekten ved hverken (n-1)- eller tåle en (n-1)-1-hændelser.

Der vil dermed være behov for udbygning i dette snit, hvilket skyldes den *forudsatte* tilgang af land- og havbaserede vindmøller i Vestjylland.

4.4.2.4 Snit D

I den vestlige del af det sydjyske område er der store mængder vindkraft, som i højlastsituationer skal kunne afsættes til den jyske østkyst, Fyn og Sjælland.

For snit D er der et overføringsbehov på ca. 1.900 MW. Der er flere 400 kV-forbindelser, men ved en (n-1)-hændelse, vil store dele af effekten skulle løbe i 150 kV-nettet, hvilket vil kræve store udbygninger.

Der vil dermed være behov for udbygning i dette snit, hvilket skyldes den *forudsatte* tilgang af land- og havbaserede vindmøller i Sydvest- og Vestjylland, samt forbrugsstigninger i det sydøstjyske og fynske område.

4.4.2.5 Snit E

I den sydlige del af Sjælland og på Lolland-Falster er der megen vindeffekt, som sammen med import fra Fyn og Tyskland skal kunne transporteres mod Sverige og det store forbrug i København.

For snit E er der et overføringsbehov på ca. 2.800 MW. Med de to 400 kV-forbindelser der er i dag, vil det være presset ved (n-1)-hændelser, mens det ikke vurderes at være muligt at håndtere ved (n-1)-1-hændelser.

Der vil dermed være behov for udbygning i dette snit, hvilket skyldes den *forudsatte* tilgang af landbaserede vindmøller, forbrugsstigninger samt udfasningen af kraftværker til aflastning ved (n-1)-1.

4.4.2.6 Snit F

Forbruget i København er op imod 1.000 MW, hvilket i dag forsynes via to 400 kV-kabelforbindelser samt fra flere centrale kraftværker i området.

Med udfasningen af kraftværker vil der fremover ikke længere være mulighed for at tvangskøre værker for at sikre forsat forsyning til København i tilfælde af (n-1)-1-hændelser.

Der vil dermed være behov for udbygning i dette snit, hvilket skyldes de *forudsatte* forbrugsstigninger samt udfasningen af kraftværker til nødforsyning ved (n-1)-1.

4.4.3 Udbygningsbehov i 400 kV-nettet

Baseret på de overordnede effektflows vurderes der at være behov for følgende overordnede udbygninger. Udbygningerne er illustreret i Figur 16.

I Jylland-Fyn (DK1) er der behov for følgende overordnede udbygninger:

- 400 kV Endrup-Idomlund forventes etableret i 2021
- 400 kV Idomlund-Tjele-2 (forudsætte etableret som luftledning jf. solcelleaftalen 2012) forventes etableret i 2020
- 400 kV Landerupgård-Revsing forventes etableret i 2021
- 400 kV Ferslev-Tjele-2 forventes etableret i 2026

På Sjælland-Lolland-Falster (DK2) er der behov for følgende overordnede udbygninger:

- 400 kV Bjæverskov-Hovegård forventes etableret i 2020
- 220 kV Bellahøj-Ishøj + 220/132 kV-transformering (alternativt som 400 kV) forventes etableret i 2024

Baseret på analyseforudsætningerne forudsættes 400 kV Vestkystopgraderingen gennemført i 2021.

Figur 16 Overordnet udbygningsbehov.

4.4.4 Udbygningsbehov med 400/132-150 kV-transformere

Følgende 400/132-150 kV-transformeringer vurderes at være nødvendige af hensyn til indpasning af VE og forsyning af forbrug:

- 400/132 kV Ørslevvester (DK2)
- 400/150 kV Stoustrup (DK1)
- 400/150 kV Endrup (DK1)
- 400/150 kV Idomlund (DK1)

4.4.5 Udbygningsbehov i 132-150 kV-nettet

Foruden de overordnede udbygningsbehov i 400 kV-nettet er der behov for en række forstærkninger i 132-150 kV-nettet af hensyn til forbrug og produktion, som vurderes nødvendige uanset om kabelhandlingsplanen gennemføres eller ej.

Følgende 150 kV-forstærkninger vurderes at være nødvendige i DK1 af hensyn til indpasning af VE:

- 150 kV Idomlund-Ramme
- 150 kV Lem Kær-Stoustrup
- 150 kV Andst-Holsted
- 150 kV Nordjyllandsværket-Vester Hassing
- 150 kV Endrup-Karlsgårde

Følgende 150 kV-stationsprojekter og medhørende forstærkninger vurderes at være nødvendige i DK1 af hensyn til indpasning af VE og forsyning af forbrug:

- 150 kV station Billund, 150 kV Billund-Knabberup, 150 kV Billund-Thyregod
- 150 kV station Hedensted, 150 kV Hatting-Hedensted, 150 kV Hedensted-Ryttergård
- 150 kV station Moselund, 150 kV Hornbæk-Moselund, 150 kV Mesballe-Moselund
- 150 kV station Odense Vest, 150 kV indsløjfning på Abildskov-Fynsværket
- 150 kV station Katbjerg (ombygning til fuldgyldig station)
- 150 kV station Kærbybro (ombygning til fuldgyldig station)

Følgende 150 kV-strækninger skal kabellægges i forbindelse 400 kV-projekter:

- 150 kV Bramdrup-Landerupgård (ved 400 kV Landerupgård-Revsing)
- 150 kV Loldrup-Tjele (ved 400 kV Idomlund-Tjele 2)

4.4.6 Yderligere forstærkningsbehov

Foruden ovenstående kan der opstå behov for yderligere forstærkninger på samme måde, som nogle af forstærkningerne kan frafalde. Dette afhænger af, hvordan VE-udbygningen konkret udmøntes, herunder er de geografiske placeringer af nye vindmøller af afgørende betydning.

Behovet for de konkrete projekter vurderes derfor løbende og udbygning foretages i hvert enkelt tilfælde kun, såfremt der kan påvises et tilstrækkeligt behov for projektet, og såfremt den konkrete løsning er den teknisk/samfundsøkonomiske optimale. Dette behandles som vanligt nærmere i selvstændige modningsprojekter, der forelægges de relevante beslutningstagere.

5. Teknologiske og miljømæssige hensyn ved etablering og kabellægning af eltransmissionsnettet

Ved planlægning og udbygning af eltransmissionsnettet er der en række tekniske og miljømæssige forhold der skal tages højde for.

5.1 Teknologiske muligheder

Der er i det følgende kun fokuseret på vekselstrømsanlæg, da jævnstrømsanlæg ikke vurderes at være teknisk og økonomisk fleksible til udbygninger i det interne transmissionsnet. Dette er behandlet nærmere i Elinfrastrukturrapporten s. 36-43.

5.1.1 400 kV-niveau

I det følgende sammenlignes de tekniske egenskaber imellem 400 kV-net etableret som luftledninger og som kabler, herunder også overføringsevne vs. pris.

5.1.1.1 Overføringsevne vs. pris

En ønsket overføringsevne kan teoretisk set altid opnås med 400 kV-kabelsystemer. Dog har det enkelte kabelsystem af tekniske årsager en naturlig begrænsning, men en større kapacitet kan teoretisk set altid sikres ved at etablere flere parallelle kabelsystemer.

Ligesom trådene i en brødrister bliver alle ledninger varmet op, når der løber strøm i dem, og hvis varmen ikke kommer væk, bliver de varmere og varmere. Det er årsagen til, at luftledninger – alt andet lige – har en større overføringsevne end kabelsystemer, idet luftledninger hænger i fri luft, og derved har en naturlig køling. Derimod ligger kabler i jorden, hvor varmen har væsentligt sværere ved at komme væk, og de bliver samtidig varmet op af den strøm, der løber igennem dem. Da kablernes isolering bliver nedbrudt ved for høje temperaturer, skal strømmen holdes så langt nede, at kablerne ikke bliver for varme. Ellers bliver kablernes isolering nedbrudt meget hurtigt, hvorved kablerne enten bliver ødelagt eller mister meget af deres forventede levetid.

Overordnet set er den væsentlige forskel imellem 400 kV-luftledningsløsningerne og 400 kV-kabelløsningerne derfor, at luftledningerne er ca. 20 % billigere, hvis der på langt sigt kun er behov for den kapacitet, som ét kabelsystem kan give.

Luftledningerne har samtidig en større overføringsevne, så hvis der er behov for en stor overføringsevne i længere tid, koster 400 kV-kabelløsninger ca. 3 gange så meget. Er overføringsbehovet så stort, at der er behov for at anvende dobbeltsystem-master, vil en tilsvarende kabelløsning koste ca. 4-5 gange så meget. Dette er sammenfattet i nedenstående tabel.

Teknisk løsning	400 kV-kabel	400 kV-luftledning		
	Pr. kabelsystem (enkeltsystem)	Enkelt-system Gittermast	Dobbelt-system Gittermast	Dobbelt-system De-signmast
Overføringsevne (MW)	830 MW (~1,2 kA)	1.870 MW ~2,7 kA)	2*1.870 MW (~2*2,7 kA)	2*2.770 MW[7] (~2*4,0 kA)
Kapacitet ved 40 timers overlast	150 %	100 %	100 %	100 %
Kapacitet ved korttids-overlast	200 %	125 %	125 %	125 %
Km-pris (mio. kr./km - alt inkl.)	***8***	***6***	***8***	***12***
MW-pris (kr./MW/km)	***9,6***	***3,2***	***2,1***	***2,2***
MW-pris (% ift. kabelløsning)	***100 %***	***33 %***	***22 %***	***23 %***

Tabel 17 400 kV-forbindelser – nøgletal for overføringsevner og priser

Det skal bemærkes, at den anførte kabelpris kun gælder for selve kabelstrækningen med tilhørende almindelig kompensering. Hvis der skal skiftes imellem kabler og luftledninger, skal der etableres kabelovergangsstationer med kabelende-afslutninger mv. Dette udgør en betragtelig merom-kostning, som gør, at korte partielle kabellægninger (med en overgang i hver ende af kabelstrækningen) på en luftledningsstrækning vil have en meget højere km-pris. Dette er ikke indregnet i prisen i tabellen ovenfor.

5.1.1.2 Robusthed og dynamisk overlastevne

En forbindelse bestående af en enkeltsystem-luftledning har som det fremgår af tabellen ovenfor, mere end dobbelt så meget kapacitet som et kabelsystem.

Hvis der skal etableres en 400 kV-forbindelse, hvor én kabelforbindelse her-og-nu vil være tilstrækkelig, betyder dette, at det samlede elsystem – med en luftledning – derfor normalt vil få en ekstra margin til at understøtte eventuelle stigninger i forbrug, produktion eller udveksling med nabolande. Følgende bør tages med i betragtning, når man vurderer følsomheden for beslutningsgrundlaget for en ny forbindelse.

- Hvis der er usikkerhed om de fremtidige behov, vil luftledninger inkludere en fremtidssikring, som det dog kan være vanskeligt at værdisætte.
- Hvis der derimod er rimelig sikkerhed for, at der på lidt længere sigt <u>ikke</u> bliver behov for yderligere kapacitet ud over, hvad der kan håndteres med ét 400 kV-kabelsystem, vil denne fremtidssikring/margin ikke have nogen væsentlig værdi. (Dette er i øvrigt samme betragtning, som at 132-150 kV-lappeløsninger (se afsnit 4.3.1) kun vil være en økonomisk god løsning, hvis der er rimelig sikkerhed for, at der ikke bliver behov for yderligere kapacitet.)

I forbindelse med robusthed skal det dog bemærkes, at kabler har en betydelig fordel i forhold til luftledninger i form af deres overlastevne i henholdsvis kort tid og 40 timer. De overlastevner gør, at et kabel i perioden efter en fejl på en anden 400 kV-forbindelse *midlertidigt* kan tåle en overlast. Det vil sige, at kablet kortvarigt bliver mere sammenligneligt med en luftledning og kan bære en ekstra belastning længe nok til at nye, begrænsede handelskapaciteter kan effektueres i elmarkedet. Dette indgår naturligvis i vurderingen af det nødvendige antal kabelsystemer.

[7] Der er foretaget en tabsmæssig optimering af 400 kV-luftledninger, og specielt for designmasten er den anførte overføringsevner derfor større end, hvad ledningerne reelt kan og vil blive udsat for. I praksis ville det f.eks. kræve kompensering med kondensatorbatterier, hvis lange ledninger med denne meget store overføringsevne blev belastet op imod 100 %.

5.1.1.3 Teknisk realiserbarhed (lange 400 kV-kabler)

Da Elinfrastrukturrapporten blev udgivet i 2008, var der en forventning om, at der ville blive gennemført forsøg med etablering af lange (>40 km) 400 kV-vekselstrømskabler, og at dette kunne gøres ved en målrettet indsats i løbet af kun 6-10 år.

Det kan konstateres, at dette ikke er sket. Det skyldes formentligt, at lange 400 kV-kabelforbindelser er meget omkostningstunge, og der er derfor en stor træghed i at eksperimentere med det. Samtidig blev det med de nye retningslinjer i 2008 eksplicit besluttet, at de tre specifikke 400 kV-forbindelser i Jylland, som netop udgjorde de mest presserende forstærkningsbehov, kunne etableres som luftledninger uden yderligere analyser pga. tekniske problemstillinger og den økonomisk høje pris. Disse tre forbindelser har haft højeste prioritet for Energinet.dk.

Den hidtil længste 400 kV-forbindelse, som p.t. er under planlægning, og hvor man undersøger mulighederne for en kabelløsning, er en forstærkning af forbindelserne imellem Hovegård og Bjæverskov på Sjælland. Denne forbindelse vil blive knap 40 km lang, og allerede ved denne længde bliver det nødvendigt med en del tiltag for at håndtere den tekniske kompleksitet, som en længere 400 kV-kabelforbindelse i sig selv vil give anledning til. Denne kompleksitet er nærmere beskrevet i næste afsnit.

Det kan derfor konstateres at den teknologiske udvikling, endnu ikke har fundet sted. I bedste fald – såfremt Hovegård-Bjæverskov-kabelprojektet bliver gennemført og som et kabelprojekt - vil den første længere 400 kV-kabelforbindelse kunne sættes i drift omkring 2020. Først derefter kan der påbegyndes indsamling af egentlige driftserfaringer med længere 400 kV-vekselstrømsforbindelse.

5.1.1.4 Kompleksitet, spændingsstyring etc.

Lange 400 kV-kabler introducerer en betydelig kompleksitet i elnet. Rent teknisk har lange kabler – uanset om de er fuldtlastede eller i tomgang - en betydelig reaktiv produktion, hvilket presser spændingen op. Det er derfor nødvendigt at kompensere for dette ved hjælp af shunt-reaktorer (spoleanlæg), som i normal drift skal være indkoblede samtidig med kablet for at holde spændingen nede på korrekt niveau.

Ind- eller udkobling af et enkelt kabel må ikke give anledning til en stor ændring af reaktiv effekt, da det giver store spændingsspring. Hvis kablet er langt, skal reaktorerne derfor for en stor del indkobles via samme bryder som selve kablet. Samtidig er det dog et problem, hvis et kabel er mere end 50 % kompenseret ved indkobling, idet det – ved indkobling på en fejl – kan give anledning til såkaldte zero-miss-problemer, som med stor sandsynlighed kan lede til ødelæggelse af stationsanlæg, hvis der ikke er taget højde for det i indkoblingsproceduren. Hvis der er personel i stationen, kan det samtidig medføre personfare.

Hvis 400 kV-nettet kabellægges i større omfang, ændres de resonanspunkter, der naturligt findes. Disse flyttes typisk til et lavere frekvensområde, hvorved uheldige koblinger, der forsager et sammenfald af frekvensindholdet i indkoblingstransienten med disse resonanspunkter, kan give meget høje overspændinger. Hvorvidt dette vil ske på 400 kV-niveau efter en væsentlig kabellægningen er svært at udtale sig generelt om, da det er en uheldig kombination af karakteristika for kabelforbindelser og komponenter. Risikoen må dog anses som forhøjet sammenlignet med udbygning med luftledninger.

En ændring af resonanspunkterne i 400 kV-nettet grundet en væsentlig andel af kabelforbindelser kan kombineret med eksisterende harmonisk baggrundsstøj lede til en forstærkning af den harmoniske spænding og dermed lede til en forringelse af spændingskvaliteten. Det er set i praksis i det

danske transmissionsnet, at det harmoniske indhold bliver højere end de gældende grænser grundet dette fænomen. Der er en overvejende risiko for, at det også sker i et kabelbaseret 400 kV-net. Dette problem kan forplante sig til de lavere spændingsniveauer, hvor flere forbrugere og produktionsenheder er tilsluttet.

For at tage højde for ovenstående forhold vurderes der at være behov for særlige tekniske konstruktioner og særlige driftsmæssige procedurer ved længere kabelstrækninger. Disse særlige tekniske konstruktioner er ikke indregnet i de km-priser, som er angivet i Tabel 17, da de kræver detaljerede analyser for de konkrete strækninger.

På kortere kabelstræk er der ikke nogen problemer, da kompensering kan håndteres med få reaktorer, som enten er fast forbundet til kabelforbindelserne, eller hvor der er et enkelt, som er forbundet til elnettet med egen bryder – og som kan ind- og udkobles uafhængigt af kablet. Ubalancer i reaktiv produktion er tilstrækkelig små ved kortere kabelstræk, at det ikke udgør et driftsmæssigt problem.

Når kabelstrækningerne bliver længere, er dette ikke muligt. Det bliver nødvendigt at lave specialdesignede konstruktioner, hvor der kan anvendes trinvise indkoblinger og/eller trinvist regulerbare reaktorer for at sikre, at alle tekniske og sikkerhedsmæssige krav overholdes både under drift og ved ind- og udkobling. Dette kan i øvrigt udgøre et selvstændigt problem ved start fra dødt net efter et blackout.

Der er indtil videre meget få driftsmæssige erfaringer med den slags, men der er ikke nogen tvivl om, at det vil medføre betydelige krav til stationsopbygningen i begge ender af kablerne, og at der også skal udarbejdes forholdsvist omstændelige driftsinstrukser, som vil udgøre en kompleksitet for personalet i kontrolrummet - med deraf følgende risiko for menneskelige fejl.

Ved en stor andel af kabelnet på 400 kV kan der også opstå yderligere problemstillinger med elektrisk resonans i elnettet og problemer i forbindelse med bryderforsagerbeskyttelse ved lange kabler. Der er ikke driftsmæssige erfaringer med dette, og det er heller ikke belyst på teoretisk niveau.

Samlet set vil der altså være behov for yderligere afklaring af en del tekniske forhold for at sikre pålideligheden af de tekniske løsninger.

5.1.1.5 Fejlsandsynlighed og fejludbedring mv.

Luftledninger og kabler har meget forskellige fejltyper og fejlsandsynligheder. Når der er sket tekniske fejl (kortslutninger og jordslutninger), er der desuden en betydelig forskel i, hvordan og hvor hurtigt fejlen kan findes og rettes på henholdsvis luftledninger og kabler.
Luftledninger befinder sig i fri luft og er derfor udsat for fejl pga. vejrlig og ydre påvirkninger. Det kan f.eks. være overslag (jordslutninger) pga. lynnedslag eller kortslutninger pga. piskninger i forbindelse med kraftig blæst og isslag, og det kan være kortslutninger/jordslutninger pga. afføring fra store fugle. Alle disse fejl kan imidlertid karakteriseres ved, at linjen kobles ud pga. fejlen, hvorefter kortslutningen slukkes af sig selv (=fejlen forsvinder), og linjen kan derefter genindkobles igen.

Der vil derfor normalt ikke være længerevarende udetider pga. behov for reparationer efter fejl på luftledninger. Hvis der endelig er noget, der er beskadiget – f.eks. en isolatorkæde – vil den normalt være nem at finde ved en simpel visuel inspektion og kan i øvrigt hurtigt udbedres, da det er en simpel praktisk og mekanisk opgave at udskifte en sådan defekt komponent.

Kabler ligger derimod i jorden, og fejl på kabler kan opdeles i udefrakommende fejl og indre fejl.

- Udefrakommende fejl opstår, hvis kablerne bliver beskadiget udefra – f.eks. ved gravearbejde eller andet entreprenørarbejde tæt ved kablet. Fejlstedet for denne type fejl vil normalt kunne findes forholdsvis hurtigt, idet fejlstedet vil være der, hvor der er fysisk aktivitet tæt ved kablet. Man kan altså se omtrent, hvor fejlstedet er.
- Indre fejl er derimod, når der opstår fejl inde i selve kablet. Fejl inde i selve kablet kan forekomme, hvis der er konstruktionsfejl i kabel-isoleringen eller i mufferne, og/eller hvis kablet bliver overbelastet og overophedet pga. for høje strømme (eller hot-spots omkring kablet). Det er normalt svært og tidskrævende at finde fejlstedet for denne type fejl, da fejlen (ligesom kablet) ligger begravet under jorden, og da man ikke kan måle sig præcist frem til fejlstedet.

Når fejlstedet er identificeret, er det derefter nødvendigt at udbedre fejlen ved at grave kablet frit, klippe det fejlramte stykke ud og derefter samle kablet igen ved at isætte et stykke reservekabel ved hjælp af to samlemuffer. Alt dette er en omstændelig procedure, og den samlede udbedringstid efter en fejl kan, selv under gode forhold, sagtens løbe op i mere end 1 uge.

Det skal i øvrigt bemærkes, hvis der kan konstateres systematiske fejl på enten kabler eller muffer, kan det blive nødvendigt at udskifte[8] hele strækninger af kablerne, hvilket har omtrent samme omkostninger som den oprindelige etablering.

5.1.1.6 Leveringssikkerhed

Det overordnede transmissionsnet udbygges i dag primært for at understøtte det indre marked for energi og VE-udbygningen. Samtidig drives det overordnede elsystem efter det såkaldte (n-1)-princip, hvor der altid skal være sikkerhedsmargin til at et vilkårligt element kan blive koblet ud, uanset om det er planlagt eller pga. en teknisk fejl, og uden at det får konsekvenser for hverken udvekslingen med andre lande eller for kunderne.

Den enkelte 400 kV-forbindelse vil derfor ikke have afgørende betydning for leveringssikkerheden. En eventuel mangel af en forbindelse eller manglende/forsinket etablering af en ny forbindelse vil derfor primært have betydning i form af begrænsninger på mulighederne for at udveksle energi med landene omkring os og begrænsninger i mulighederne for at udnytte/eksportere produktion fra VE-anlæg.

5.1.1.7 Tabsforhold

Tabsforhold er, ud fra en teknisk synsvinkel, det sidste element i anlægsdesignet. Man tilstræber selvfølgelig så vidt muligt at reducere tabene så meget, som det er muligt under hensyntagen til den samlede rentabilitet. Dette gøres som en teknisk-økonomisk optimering, som først foretages, efter at der er fundet en overordnet løsning, som kan fungere i det samlede elsystem, og som lever op til de tekniske krav, der stilles til anlægget. Det kan f.eks. bemærkes, at der er foretaget en tabsmæssig optimering af de 400 kV-luftledninger, som er vist i Tabel 17, og at tabsoptimeringen i for designmasten har ledt til, at anlægget kan tåle større belastninger end, hvad der er nødvendigt for at opfylde de minimumskrav, som det er dimensioneret efter.

---

[8] Dette har været nødvendigt i flere tilfælde. Den såkaldte "blå PEX" blev brugt til 10 kV-kabler fra starten af 1970'erne, og dette har haft en stor fejlrate. Hele søkablet på Kontek-forbindelsen er blevet skiftet, da der opstod problemer med et stort antal muffer. Senest er der observeret fejl på 220 kV-kabler til flere havmølleparker, og det er bl.a. blevet besluttet at udskifte store dele af ilandføringskablet på Anholt Havvindmøllepark. Omvendt har der ikke været observeret væsentligt problemer med 400 kV-kabler og 132-150 kV-kabler.

Generelt set er de samlede elektriske tab ved 400 kV-kabelsystemer større end de tilsvarende tab ved 400 kV-luftledningssystemer.

Hvis der ses isoleret på selve kablerne, er tabene alt andet lige lidt mindre end ved luftledninger. Dette skyldes dels, at kabler typisk konstrueres med lidt større ledertværsnit end luftledninger for at reducere opvarmningen af kablerne under drift, og dels at det enkelte kabelsystem, for ikke at blive for varmt, i gennemsnit er belastet mindre end en luftledning vil være.

På grund af kablernes reaktive produktion er det, som tidligere nævnt nødvendigt at installere reaktorer for hver ca. 10 km kabel for at kompensere for kablernes reaktive effekt-generering. De elektriske tab i disse reaktorer vil typisk være så store, at de overstiger den forskel, som der er imellem luftledninger og kabler.

Slutresultatet er derfor, at de samlede tab ved kabelsystemer typisk er større end ved luftledningssystemer.

5.1.2 132-150 kV-niveau

5.1.2.1 Overføringsevne vs. pris

Nedenstående tabel er baseret på kvalificerede gæt, da der ikke har været bygget længere 132-150 kV-luftledninger i mere end 20 år.

Priserne for luftledninger er særlig usikre i forhold til erstatninger mv. Fx regnes der med ca. 3 mio. kr./km til erstatninger ved etablering af nye 400 kV-luftledninger. Erstatninger for 132-150 kV vil dog være lavere og afhænge af, hvor i landet luftledningen skal etableres.

Teknisk løsning	**132-150 kV-kabel**	**132-150 kV-luftledning**	
	Pr. kabelsystem (enkeltsystem)	**Enkelt-system Gittermast**	**Dobbelt-system Gittermast**
Overføringsevne (MW)	250-300 MW (~1,1 kA)	300-385 MW ~1,35 kA)	2*300-385 MW (~2*1,35 kA)
Kapacitet ved 40 timers overlast	150 %	100 %	100 %
Kapacitet ved korttids-overlast	200 %	125 %	125 %
Km-pris (mio. kr./km - alt inkl.)	***3***	***3***	***4***
MW-pris (kkr./MW/km)	***12-10***	***10-8***	***7-5***
MW-pris (% ift. kabelløsning)	***100 %***	***~80 %***	***~55 %***

Tabel 18 – 132-150 kV-forbindelser – nøgletal for overføringsevner og priser

Der er taget udgangspunkt i 132-150 kV-luftledninger med simplex-ledere (en enkelt leder pr. fase), da dette er det mest udbredte i det eksisterende net. I praksis er der mulighed for at anvende duplex-ledere (to ledere pr. fase), hvis der er behov for et større overføringsbehov eller for at minimere tabene.

Som vist ligger MW-prisen for 132-150 kV-kabler niveaumæssigt som for 400 kV-kabler. Dette kan i praksis betyde, at der vil være en tendens til at gennemføre de tidligere nævnte lappeløsninger i 132-150 kV-nettet ved mindre stigninger i overføringsbehovet, da disse her og nu vil være billigere.

Da formålet med de regionale transmissionsnet er opsamling af VE og forsyning til de lokale distributionsnet er der i højere grad behov for et net med redundante forbindelser end et net med store overføringsevner. Udbygninger i 132-150 kV-nettet kan derfor typisk realiseres med en enkelt forbindelse, hvor overføringsbehovet er mindre end angivet i tabellen ovenfor.

5.1.2.2 Øvrige forhold

Elsektoren i Danmark har efterhånden flere årtiers erfaringer med at etablere og drive større 132-150 kV-net med en stor og stadig stigende andel af kabler, og i praksis er der ikke konstateret væsentlige problemer med det.

Som det fremgår af ovenstående, er km-priserne sammenlignelige for 132-150 kV-luftledninger og kabler, da det ofte er tilstrækkeligt med ét kabelsystem over forholdsvis kortere strækninger på 20-40 km. Alle de aspekter, som er nødvendige at overveje i forbindelse med 400 kV-kabelforbindelser, er derfor af minimal praktisk betydning for 132-150 kV-kabler.

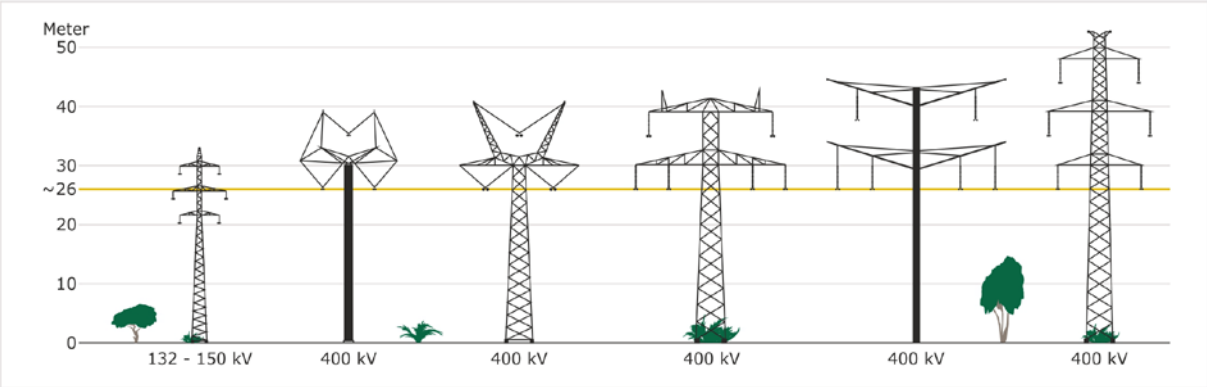
Der foretages derfor ikke nærmere udredninger om tekniske spørgsmål på 132-150 kV-niveau i dette arbejde, da der ikke vurderes at være tekniske, økonomiske eller miljømæssige forhold som kan argumentere for etablering af selvstændige 132-150 kV-luftledninger.

5.2 Generelle miljøhensyn ved elektriske anlæg

Dette afsnit beskriver de hensyn der tages i forbindelse med etablering af nye transmissionsanlæg. Afsnittene er holdt forholdsvis korte. Nærmere information kan findes i Elinfrastrukturrapporten side 44-52.

5.2.1 Visuelle påvirkninger fra elektriske anlæg

Den visuelle påvirkning fra elektriske anlæg kommer i overvejende grad fra luftledningsanlæg, da disse påvirker det visuelle indtryk af landskaber og strækker sig over lange afstand. I Figur 17 er det visuelle udtryk for en række forskellige mastetyper illustreret.



Figur 17 Eksempler på størrelsesforhold og visuelle udtryk for forskellige mastetyper.

Et kabeltracé er ikke synligt på samme måde som et luftledningsanlæg. Der må dog ikke være beplantning med dybtgående rødder oven på eller i umiddelbar nærhed af kabeltracéet. Denne restriktion betyder, at høj beplantning erstattes med lav beplantning på tracéet, som derved ændrer det visuelle indtryk af området.

Den tracémæssige indvirkning for kabler vil være meget afhængig af spændingsniveauet og det tekniske overføringsbehov for anlægget. Ved et lavt overføringsbehov og for 132-150 kV-kabelanlæg, vil det typisk være tilstrækkeligt med et enkelt kabelsystem, hvormed servitutarealet langs tracéet kan begrænses til 7 m. Såfremt der bliver behov for flere kabelsystemer, øges servitutarealet til ca. 10 m pr. kabelsystem, da der skal være en vis indbyrdes afstand kabelsystemer imellem.

I forbindelse med etablering af kabelanlæg over lange strækninger, er der behov for kompenseringsstationer. Dette gør sig særligt gældende for 400 kV-kabelanlæg, hvor der er behov for etablering af selvstændige kompenseringsstationer for hver ca. 25-30 km. En kompenseringsstation består af et areal, en bygning og højspændingstekniske komponenter og kan miljømæssigt sammenlignes med en almindelig højspændingsstation. Der vil således være dels visuelle og støjmæssige forhold at tage højde for.

Ved etablering af 132-150 kV-kabelanlæg kan kompenseringsstationerne indpasses på allerede eksisterende højspændingsstationer, hvormed de miljømæssige forhold er begrænsede.

5.2.2 Støjpåvirkninger fra elektriske anlæg

Støjpåvirkninger fra elektriske anlæg kan henføres til dels luftledninger og dels stationer (både transformer- og kompenseringsstationer). Et luftledningsanlæg udsender koronastøj, som opstår på grund af de partielle udladninger der opstår som følge af de høje spændinger. Støjen afhænger af spænding og luftfugtigheden.

Et kabelanlæg udsender i sig selv ingen støj, da der er tale om indkapslede anlæg under jorden, men de mange shuntreaktorer (spoleanlæg), der skal etableres som en del af kabelanlægget, gør, at der ved kompenseringsstationerne udsendes en dyb brummen (100 Hz).

5.2.3 Magnetfelter

Der er magnetfelter overalt, hvor der går en elektrisk strøm, og vi kommer i nærheden af dem i vores hverdag både i boliger, på arbejdspladser, og når vi færdes i det offentlige rum. Felterne findes både ved elforsyningsanlæg, elinstallationer og almindelige husholdningsapparater.

Der er siden 1970'erne forsket i mulige skadevirkninger af magnetfelter. Fokus for hovedparten af forskningen har været risiko for udvikling af kræft hos børn, men også en lang række andre lidelser er undersøgt. Med afsæt i nationale og internationale forskningsresultater – de seneste fra Verdenssundhedsorganisationen WHO i 2007 – har de danske sundhedsmyndigheder allerede i 1993 indført et såkaldt forsigtighedsprincip.

Sundhedsstyrelsens forsigtighedsprincip anvendes ved planlægning af nye elektriske anlæg. Der er sammen med kommunernes Landsforening udarbejdet en vejledning i forvaltning af forsigtighedsprincippet ved miljøscreening, planlægning og byggesagsbehandling. Vejledningen handler om, hvordan sundhedsmyndighederne forsigtighedsprincip for nærhed mellem boliger/børneinstitutioner og højspændingsanlæg kan forvaltes i dagligdagen.

Vejledningen anvendes både af plan- og byggemyndigheder og ejere af højspændingsanlæg.

5.3 Miljøhensyn ved etablering af nye anlæg

Dette afsnit beskriver de hensyn der tages i forbindelse med etablering af nye transmissionsanlæg.

5.3.1 Etablering af kabelanlæg

5.3.1.1 Kabelanlæg

Energinet.dk etablerer nye kabelanlæg efter en ensartet procedure, hvilket er nærmere beskrevet i Kabelhåndbogen - AC-kabelanlæg 132-150 kV.

5.3.1.2 Tracéplanlægning

I forbindelse med tracéplanlægningen forsøger Energinet.dk så vidt muligt at sikre, at etablering af kabelanlæg ikke udgør nogen nævneværdig miljømæssig betydning.

Alle kabelprojekter på transmissionsniveau skal lovmæssigt screenes for VVM-pligt. I denne screening føres der en dialog med kommunerne i forhold til at finde et forslag til kabeltracé.

Såfremt der er VVM-pligt på et kabelanlæg, skal der udarbejdes en VMM-redegørelse, som behandles af Naturstyrelsen.

Det endelige kabeltracé fastlægges først efter dialog med de berørte lodsejere.

5.3.1.3 Reduktion af støjgener

Støjgenerne fra shuntreaktorer (spoleanlæg) kan begrænses ved at indkapsle reaktoren bag en støjmur. Ved større kompenseringsstationer i forbindelse med længere kabelanlæg med flere kabelsystemer vil det dog være nødvendigt med mange reaktorer, hvormed de mange kan udgøre en reel støjgene for nærmiljøet.

Energinet.dk vil gennemføre tiltag for at overholde gældende støjkrav.

5.3.2 Etablering af luftledninger

I dette afsnit fokuseres der udelukkende på etablering af 400 kV-luftledninger, da det ikke vurderes for praktisk og økonomisk optimalt at bygge 132-150 kV-luftledninger jf. 5.1.2.

5.3.2.1 Master

I forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger, kan masterne etableres som enten gittermast eller som master i nyt design. På siderne 27-31 i Energinet.dk's rapport Forskønnelse af 400 kV nettet fra 2009 er der givet eksempler på forskellige mastedesign, ligesom Energinet.dk i 2015 idriftsatte Kassø-Tjele-forbindelsen med master i nyt design.

Energinet.dk vil tage disse muligheder med i en dialog med de relevante myndigheder og borgere i de berørte områder.

5.3.2.2 Tracéplanlægning

I forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger, vil Energinet.dk indgå i en dialog med myndighederne og borgerne i de berørte områder, ligesom der skal udarbejdes en VVM-redegørelse, som behandles af Naturstyrelsen.

5.3.2.3 Kabellægninger på udvalgte strækninger

Hvis 400 kV-luftledningen krydser områder med store natur og rekreative interesser er det muligt at passere disse områder med kabler.

Kabellægning over kortere strækninger indgår i en samlet vurdering og som en del af tracéplanlægningen. Her indgår også tekniske og økonomiske forhold i den samlede vurdering.

5.3.2.4 Reduktion af støjgener

Støjgenerne i form af koronastøj kan begrænses ved at bygge luftledningsanlæg med flere ledere per fase. Normalt har der været anvendt duplex-ledere (to ledere pr. fase) ved etablering af 400 kV-luftledninger, men i forbindelse med etablering af Kassø-Tjele er der anvendt triplex-ledere (tre ledere pr. fase), hvilket har reduceret støjgenerne markant.

5.3.2.5 Kompenserende kabellægninger i distributionsnettet

Ved etablering af nye 400 kV-luftledninger, kan der gennemføres kompenserende kabellægning af lavere spændingsniveauer, fx i forbindelse med krydsning af eksisterende 10-60 kV-luftledninger.

5.3.2.6 Nabopakke ved etablering af nye 400 kV-luftledningsanlæg

Til fremme af accept af nødvendige nye luftledningsanlæg kan det overvejes at sammenkoble investeringsbeslutningen med en økonomisk pulje til fordeling mellem de kommuner, hvor der skal opføres nye luftledninger.

Tilskud til lokale ”sunde/grønne initiativer”, vandrestier, skateboard-baner, kunstgræsbaner, lokale forskønnelses-puljer etc.

Det er vigtigt at midlerne rettes mod de kommuner, hvor der skal opstilles nye luftledningsforbindelser. Puljen kunne for eksempel fastsættes ud fra det beløb, der betales til de grundejere og naboer, der bliver direkte berørt af projektet.

Som eksempel er der estimeret en pulje for 400 kV-projekterne Vestkystopgraderingen til Tyskland og Endrup-Idomlund. Erstatningen for etablering af en km ny 400 kV-luftledning udgør jf. Landsaftalens principper kr. 2.410.000. I nedenstående tabel er der beregnet puljer svarende til mellem 2 og 6 % af den samlede erstatning for etablering af 160 km luftledning.

	Antal km	**2 % mio. kr.**	**4 % mio. kr.**	**6 % mio. kr.**
Tønder Kommune	37	1.783.400	3.566.800	5.350.200
Esbjerg Kommune	37	1.783.400	3.566.800	5.350.200
Varde Kommune	35	1.687.000	3.374.000	5.061.000
Ringkøbing Kommune	34	1.638.800	3.277.600	4.916.400
Herning Kommune	8	385.600	771.200	1.156.800
Holstebro Kommune	6	289.200	578.400	867.600
I alt		**7.567.400**	**15.134.800**	**22.702.200**

5.3.2.7 132-150 kV-kabellægning i forbindelse med etablering af 400 kV-luftledninger

Såfremt kabelhandlingsplanen annulleres, vurderes det nødvendigt at fremme den lokale accept af nye 400 kV-luftledninger ved fx at gennemføre kabellægning af eksisterende 132-150 kV-luftledningsanlæg i nærheden.

Det forudsættes derfor, at 132-150 kV-luftledninger i nærheden af en ny 400 kV-luftledning skal demonteres i forbindelse med etablering af den nye 400 kV-luftledning.

5.4 Miljøhensyn ved kabellægning af eksisterende anlæg

For at kunne udpege hvilke konkrete luftledningsstrækninger, som er særligt relevante i forhold til kabellægning, er der først foretaget en overordnet vurdering af de visioner, som kabellægning og forskønnelse af transmissionsnettet kan understøtte. I det følgende er der opstillet konkrete visioner for henholdsvis natur og landskab samt for by og byvækst.

5.4.1 Kabellægning er landskabsforvaltning

Uanset hvilke kriterier der lægges til grund for en kabellægning, vil det væsentligste argument være, at der er tale om en æstetisk landskabsforvaltning. Det kan være landskabet i nærmiljøet omkring byer og byvækstområder, eller det kan være landskaber i større regionale områder. Der er kun ganske få andre argumenter for at kabellægge: Befolkningens sundhed i forhold til magnetfelter (her skal man bo meget tæt på), fugles kollisioner med ledningerne i områder, hvor man har valgt at passe ekstra godt på fugle, og hvis en mast står i vejen for et konkret nyanlæg som en motorvej eller bro.

5.4.2 Vision for Natur og landskaber

Energinet.dk har opsat en vision for natur og landskab. Visionen er, at bidrage til at opretholde og genskabe uforstyrrede regionale geografiske områder ved at kabellægge luftledninger indenfor området.

Visionen lægger et eller flere forhold til grund:

- Turisme fordi det samfundsøkonomisk er en gevinst at have attraktive turistområder. Ifølge VisitDenmark er naturturisme et solidt dansk turismeprodukt. Turisterne værdsætter naturens mangfoldighed, og at omgivelserne er rene.
- Befolkningens sundhed og rekreation fordi samfundet skal tilbyde befolkningen at leve i sikkerhed, og tilbyde den størst mulige kvalitet i oplevelsen af natur og landskab, for at maksimere den rekreative effekt.
- Naturbeskyttelse og naturforbedring fordi initiativer for ledningsanlæg ikke må forringe dyr og planters levesteder.

Dette grundlag fører til forslag om at følgende regionale geografiske områder bør indgå:

- Kystlandskaber
- Nationalparker
- Natura 2000

5.4.2.1 Kystlandskaber

En undersøgelse fra VisitDenmark viser, at 84% af udenlandske turister og 64% af de danske turister nævner naturen som et helt specifikt motiv for at holde ferie i Danmark. Når turister pakker kufferterne og bestiller ferieophold i Danmark, så er det i høj grad naturen og ikke mindst de smukke danske kyster, der lokker.

Udsigten til kysten ses fra land, og luftledninger som bryder udsigten, kan opleves negativt. Derfor er der behov for at udpege et kystlandskab, som rækker et stykke ind i landet. I dette notat sidestilles kystlandskaber med planlovens begreb:

- Kystnærhedszonen

Kystnærhedszonen dækker som udgangspunkt kyststrækningen fra strandkanten og ca. 3 km ind i landet, der er dog lokale variationer. Den dækker de dele af kysten, der ligger i sommerhusområ-

der og i landzone, det vil sige ikke områder, der er udlagt som byzone, hvor der gælder andre regler.

Kabellægning af eksisterende luftledninger og nye ledninger kan være med til at understøtte forvaltningen af kystnærhedszonen.

5.4.2.2 Nationalparker

Danmarks Nationalparker omfatter nogle af Danmarks mest enestående og værdifulde naturområder og landskaber. Områder, som både betyder noget for os danskere, men som også har og vil få international opmærksomhed og betydning.
Nationalparkerne er med til at udvikle sikre og bevare enestående dansk natur, landskaber og kulturhistoriske værdier. Ved at opretholde nationalparker sikrer vi, at områdernes landskaber, de geologiske formationer og de kulturhistoriske værdier ikke går tabt – men netop bliver bevaret og gjort synlige.

Kabellægning af luftledninger og kabellægning af nye ledninger i disse områder vil understøtte formålet med Danmarks Nationalparker.

5.4.2.3 Natura 2000

Grundlaget for Natura 2000 er EU's naturbeskyttelsesdirektiver, som består af fuglebeskyttelsesdirektivet og habitatdirektiver. Direktiverne forpligter EU's medlemslande til at bevare mere end 200 naturtyper, 700 arter af planter og dyr og over 170 fuglearter inden for de udpegede områder. Natura 2000-områderne gælder særlige retningslinjer for fangst og jagt og regler for beskyttelse af arter og naturtyper. Målet med Natura 2000 er at skabe såkaldt gunstig bevaringsstatus for de arter og naturtyper, der er beskyttet inden for Natura 2000-områderne.

Ved naturhensyn med vægt på international naturbeskyttelse, vil det give særlig mening at inddrage EF-fuglebeskyttelsesområder, fordi adskillige udenlandske undersøgelser har dokumenteret, at højspændingsledninger kan udgøre en væsentlig kollisionsrisiko for fugle.

Uanset at landskabsværdien ikke er omfattet af EU-direktiverne, kan kabellægning af luftledninger i Natura 2000 bidrage til at forbedre oplevelsen af naturværdien i Natura 2000, hvor målet er højt naturkvalitet og dermed også giver høj oplevelsesværdi.

5.4.3 Vision for by og byvækst

Energinet.dk har opsat en vision for by og byvækst med de formål at skabe størst mulig værdi for flest mulige mennesker. Visionen lægger op til, at byzoner og områder tæt på byzoner vil være de geografiske områder som er mest interessante.

Følgende kriterier vurderes at give størst positiv effekt:

- Bosætning
- By udvikling
- "Trædesten"

5.4.3.1 Bosætning

Bosætning er valgt, fordi det skal være attraktivt at bygge boliger i nye udlagte områder, købe bolig i eksisterende område og leve der, hvor man bor.

Når man befinder sig tæt på master og luftledninger, vil oplevelsen af masterne kunne dominerer sanseindtrykket. Både synsindtrykket af masten og luftledningen i luften over én og skygger fra dem. Endvidere lyden fra anlægget i fugtigt vejr. Dette vil for mange påvirke oplevelsen af området som værende mindre attraktivt at opholde sig i og bruge. Synsindtrykket kan i nogen grad kamufleres af beplantning og høje huse mellem iagttager og ledningsanlæg. Derfor er det relevant at se på afstand til luftledning. Der tages her udgangspunkt i de afstande, som bruges, når der efter den nuværende praksis erstattes ved nyanlæg af 150 kV-luftledninger. Indtil 54 m tilbydes opkøb af ejendommen og ud til 190 m erstattes en del af ejendommens værdi. Som mål bruges Kommuneplanernes og lokalplanernes tema, hvor der er boliger, rekreative områder samt områder med offentlige formål.

Ved at bruge kommuneplantemaer som grundlag vil kortlægningen tage højde for både nuværende, men også fremtidige planlagte bosætningsområder. Dette understøtter kriteriet om byudvikling.

I kortlægningen indgår de 4 kommuneplantemaer for udpegning af bosætningsområder:

- Boligområder
- Rekreative områder
- Offentlige formål
- Blandet bolig og erhverv

Analysen for bosætning er opdelt i to afstandskategorier henholdsvis:

- Bosætning 0-60 m fra luftledninger (oprunding af 54 m)
- Bosætning 0-200 m fra luftledninger (oprunding af 190 m)

5.4.3.2 Byudvikling

Eksisterende luftledninger vil ofte påvirke planlægningen af brugen af et område. Når en luftledning fjernes, vil det derfor åbne op for, at man lokalt vil se anderledes på, hvordan et område fremover kan bruges, hvad enten det er bosættelse, rekreativt brug eller andet formål. Nær byer forventes det at påvirke flest mennesker. Derfor er det relevant at se på afstand på 0 – 1.000 m fra luftledning til byzone (vedtaget kommuneplantemaer undtaget landområder).

5.4.3.3 ”Trædesten”

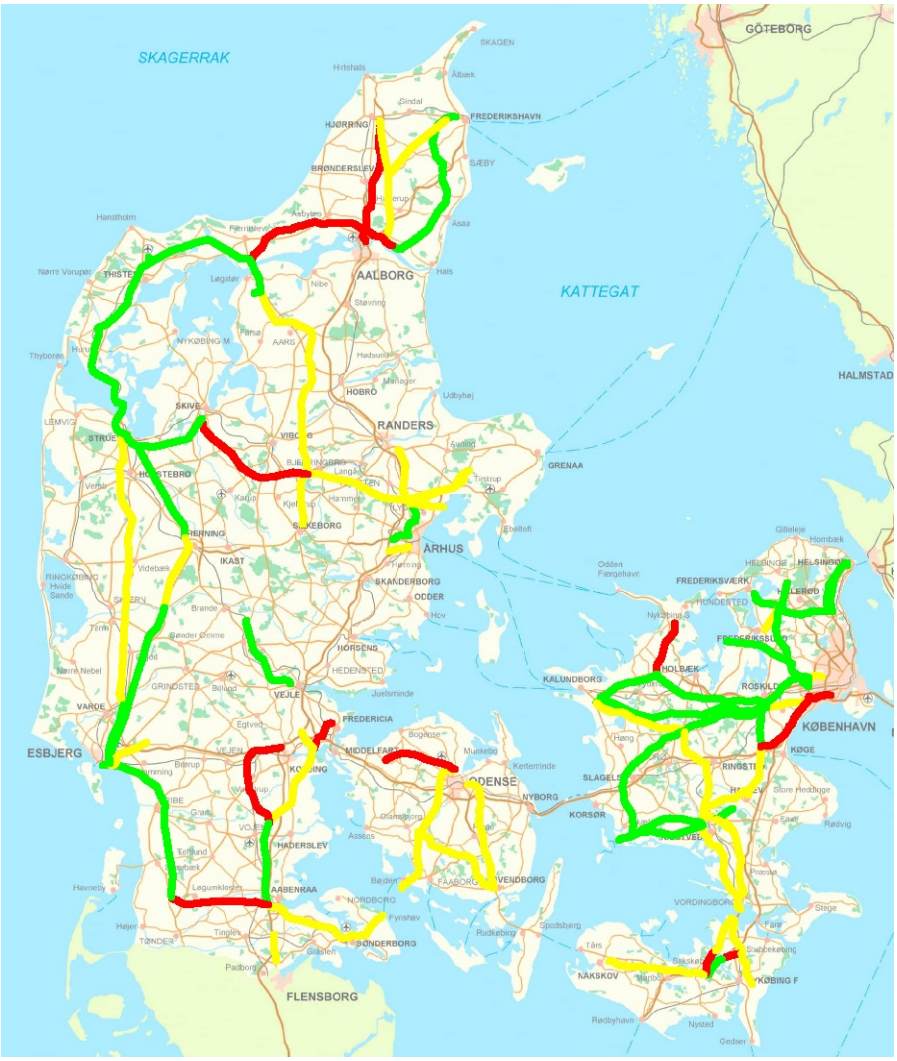
Hensynet til boliger i det åbne land vil blive omfattet, når disse ligger på strækninger imellem landsbyer eller andre fixpunkter i kabelprojektet. I dette notat betegnet ”trædesten”. Trædestenene kan være tekniske forhold, som eksempelvis placering af eksisterende kabelovergangsstationer. Trædestenene kan også være byer, som ligger med kort afstand, hvor det giver god mening at udpege hele strækningen imellem to byer. Hvorved kortere strækninger i det åbne land bliver en del af kabellægningen.

5.5 Analyse af relevante strækninger i 132-150 kV-nettet

For at give visionerne fra forrige afsnit indhold, er der foretaget en udvælgelse af kabelstrækningerne ud fra et sæt kriterier for hver vision. Kriterierne er fastlagt ud fra en faglig vurdering, og med respekt for beskrivelsen af principperne i formålet.

Analysen tager udgangspunkt i eksisterende rapporter og analyser, herunder rapporten "Analyse af det eksisterende 132-150 og 400 kV-luftledningsnet i Danmark" som i 2008 bl.a. belyste de miljø-mæssige fordele ved at kabellægge 132-150 kV. Denne rapport undersøgte de miljømæssige fordele og ulemper ved at kabellægge og hele det eksisterende 132-150 kV- og 400 kV-net i Danmark.

I rapporten er der foretaget en prioritering af de eksisterende 132-150 kV-luftledninger i forhold til, hvor store de positive effekter en demontering af de enkelte luftledninger ville give. Resultatet af denne prioritering er gengivet i Figur 18, hvor rød angiver "små positive effekter", gul angiver "middel positive effekter" og grøn angiver "store positive effekter).



Figur 18 Gengivelse af kort fra eksisterende datamateriale fra 2008. Kortet viser de positive effekter ved nedtagning af eksisterende luftledningsstrækninger på 132-150 kV (rød=små positive effekter, gul=middel positive effekter, grøn=store positive effekter). Kortet er gengivet som i rapporten "Analyse af det eksisterende 132-150 og 400 kV-luftledningsnet i Danmark", men der er siden 2009 kabellagt en række strækninger.

I nærværende analysearbejde tages der udgangspunkt i dette materiale i forbindelse med udpegning af de konkrete strækninger.

5.5.1 Fokusområder i natur og landskab

I den gennemførte analyse af de konkrete strækninger i natur og landskab er projekterne udvalgt, såfremt den konkrete strækning er kategoriseret enten lille, middel eller stor positiv effekter ved nedtagning af luftledninger i "Analyse af det eksisterende 132-150 og 400 kV-luftledningsnet i Danmark". Herudover skal den konkrete strækning omfatte et eller flere af kriterierne:

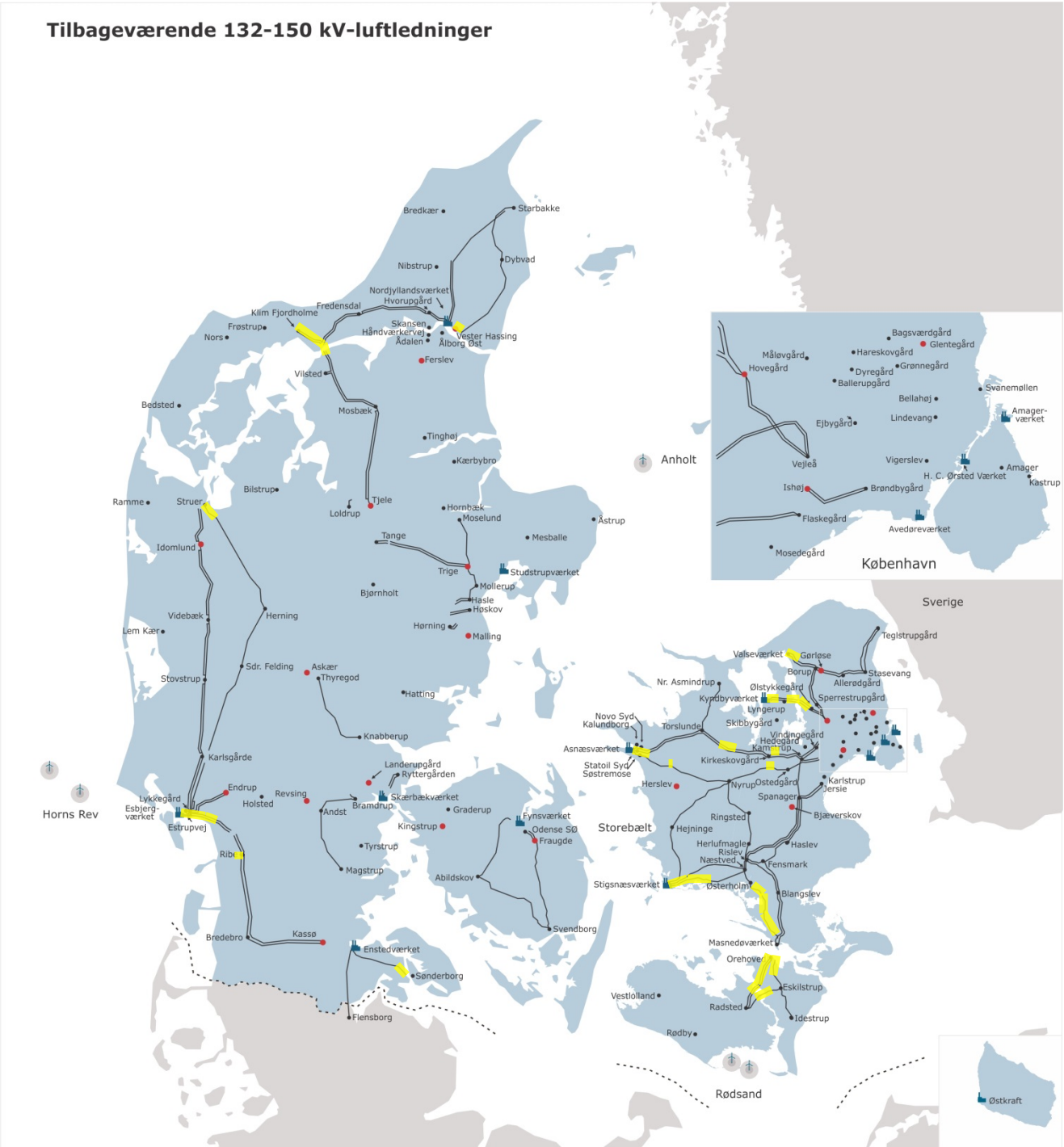
- EF-fuglebeskyttelse
- Kystnærhedszonen
- Nationalparker

Ved sammenstilling af analyseresultaterne viser det sig at enkelte strækninger går igen, altså opfylder flere kriterier. I dette forslag er de strækninger som opfylder flere kriterier kun talt med en gang.

De valgte kriterier giver samlet set **192 km** luftledning til nedtagning fordelt på **34 delstrækninger**. De 34 delstrækninger er fordelt med 13 delstrækninger på i alt 66 km i Jylland-Fyn og 20 delstrækninger på i alt 126 km på Sjælland-Lolland-Falster.

Fordelingen for natur og landskab er geografisk skæv i forhold til Jylland-Fyn og Sjælland-Lolland-Falster, når den samlede mængde 132-150 kV-luftledninger i områderne tages i betragtning. Den skæve fordeling skyldes dels de anvendte kriterier, som efter udmøntning gerne skulle give en ensartet oplevelse af 132-150 kV-luftledningsnettet i natur og landskab. Samtidig har der siden starten på kabelhandlingsplanen været gennemført en forholdsmæssig større kabellægning af 150 kV-nettet i Jylland-Fyn.

På kortet nedenfor, er den geografiske placering af de 34 strækninger angivet.



Figur 19 Kortet illustrerer de 132-150 kV-luftledninger, som vil blive stående, såfremt kabelhandlingsplanen annulleres. De gule markeringer viser de udpegede strækninger i natur og landskab.

5.5.2 Fokusområder nær by og byvækst

I den gennemførte analyse af de konkrete strækninger nær by og byvækst, er der dels gennemført en vurdering for de bynære områder, som blev prioriteret i Kabelhandlingsplan 2009, og dels en vurdering med udgangspunkt i de strækninger, som er kategoriseret med ”store positive effekter”, markeret med grøn i Figur 18. Denne fremgangsmåde kan betyde, at der er strækninger, som opfylder kriterierne for prioritering, men som ikke er medtaget i analysen, da de er kategoriseret enten med ”middel positive effekter” eller ”små positive effekter", markeret med hhv. gul og rød i Figur 18.

For at kunne udvælge de konkrete strækninger, er der opstillet en række kriterier for, hvornår en strækning kabellægges:

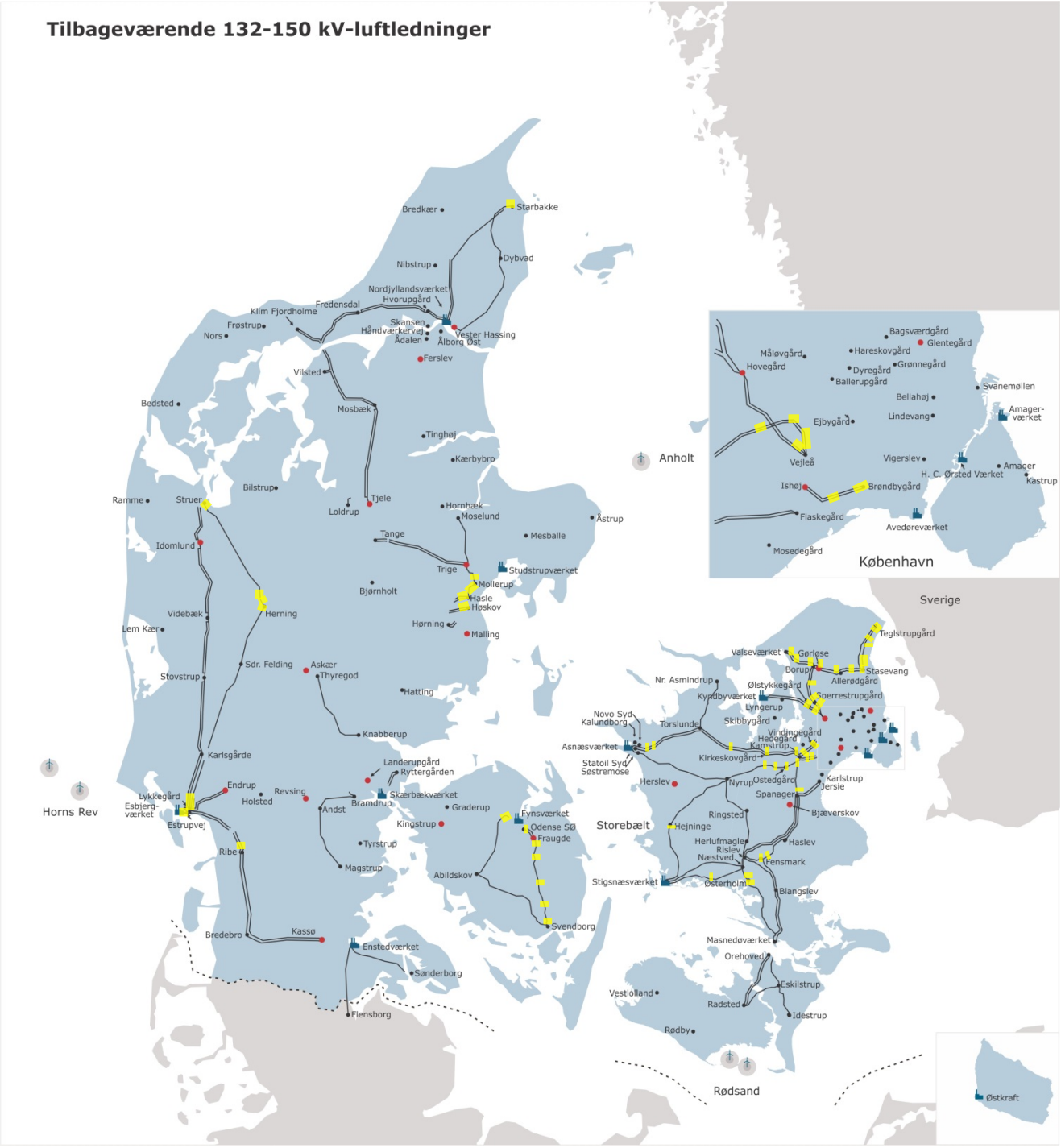
- Luftledningen (delstrækningen) skal i sig selv være: >50m
- Summen af delstrækninger skal være >300 m
- Afstanden imellem delstrækninger skal være <2000 m
- Der kabellægges kun strækninger >2000 m

De valgte kriterier giver samlet set **176 km** luftledning til nedtagning fordelt på **66 delstrækninger**. De 66 delstrækninger er fordelt med 26 delstrækninger på i alt 73 km i Jylland-Fyn og 40 delstrækninger på i alt 103 km på Sjælland-Lolland-Falster.

Fordelingen for by og byvækst er geografisk skæv i forhold til Jylland-Fyn og Sjælland-Lolland-Falster, når den samlede mængde 132-150 kV-luftledninger i områderne tages i betragtning. Den skæve fordeling skyldes dels de anvendte kriterier, som efter udmøntning gerne skulle give en ensartet oplevelse af 132-150 kV-luftledningsnettet nær by og byvækst. Samtidig har der siden starten på kabelhandlingsplanen været gennemført en forholdsmæssig større kabellægning af 150 kV-nettet i Jylland-Fyn.

På kortet nedenfor er den geografiske placering af de 66 delstrækninger angivet.

Som tidligere beskrevet, er de partielle kabellægninger ved henholdsvis Esbjerg og Næstved – markeret som igangværende i figuren – sat på hold. Disse to projekter indgår i de udvalgte strækninger nær by og byvækst.



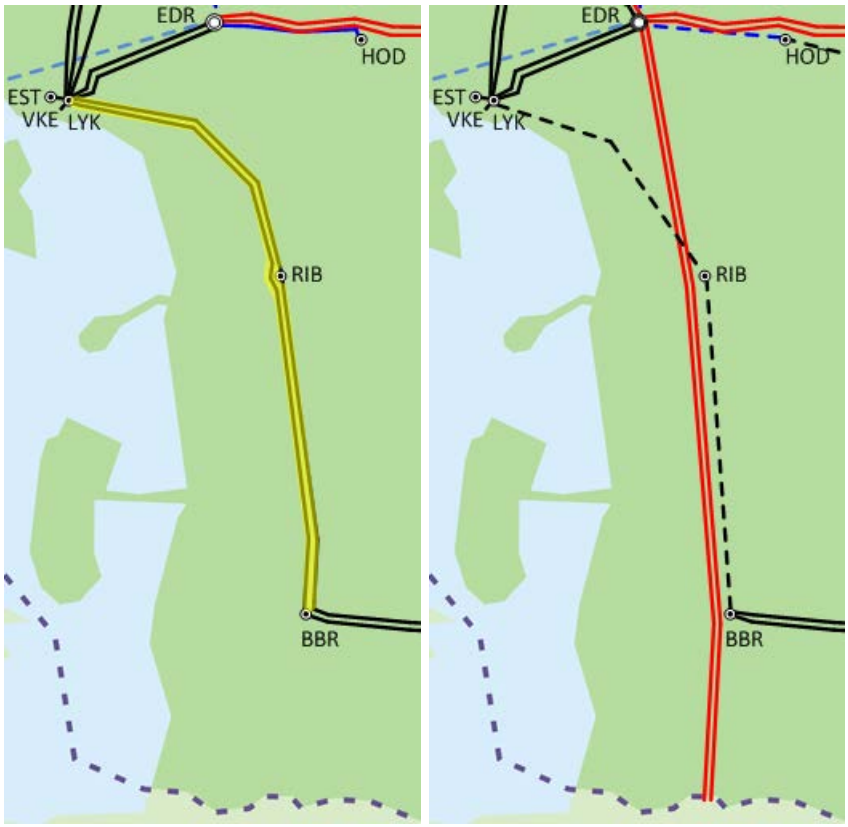
Figur 20 Kortet illustrerer de 132-150 kV-luftledninger, som vil blive stående, såfremt kabelhandlingsplanen annulleres. De gule markeringer viser de udpegede strækninger nær by og byvækst.

5.5.3 Kabellægning i forbindelse med etablering af 400 kV-luftledninger

Som beskrevet i afsnit 5.3.2 kan der i forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger gennemføres kabellægninger i 132-150 kV-nettet, således at den samlede mængde af luftledninger over 100 kV holdes neutral.

5.5.3.1 400 kV Vestkystopgraderingen (Esbjerg-grænse mod Tyskland)

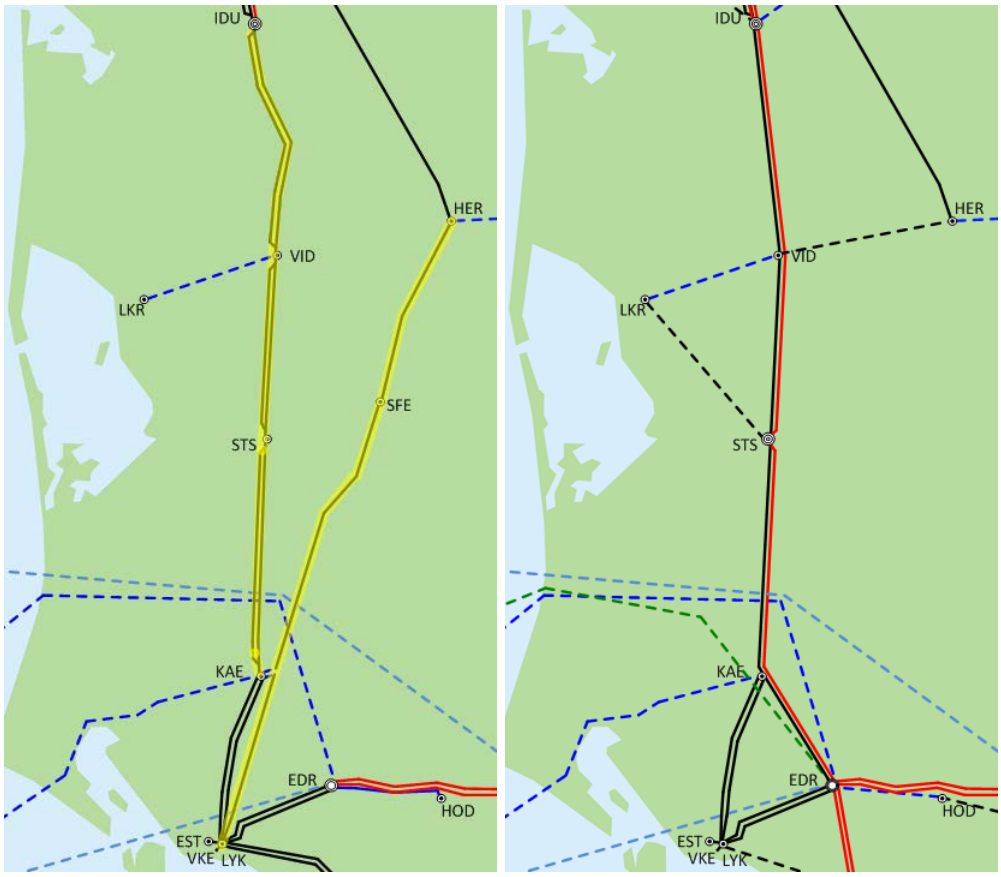
I forbindelse med en eventuel etablering af en 400 kV-luftledning fra Endrup til den dansk-tyske grænse, er det muligt at gennemføre kabellægninger i 150 kV-nettet, således at 150 kV-luftledningen Lykkegård-Ribe-Bredebro kan demonteres.



Figur 21 De eksisterende 150 kV-luftledninger Lykkegård-Ribe-Bredebro (tv.) forudsættes demonteres og kabellægges i forbindelse med etablering af 400 kV Vestkystopgraderingen (th.)

5.5.3.2 400 kV Endrup-Idomlund (Esbjerg-Holstebro)

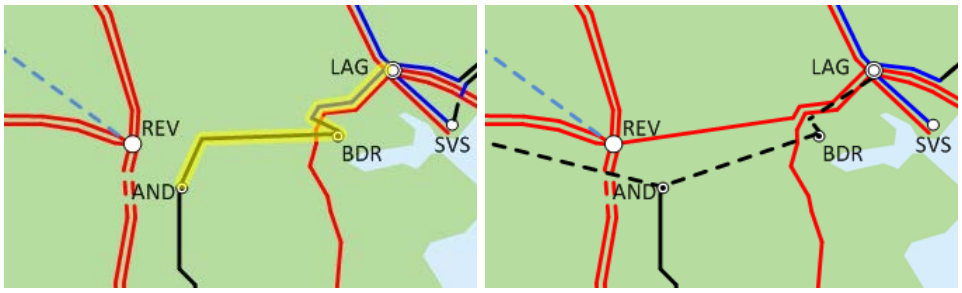
I forbindelse med en eventuel etablering af en 400 kV-luftledning fra Endrup til Idomlund, er det muligt at gennemføre kabellægninger i 150 kV-nettet, således at 150 kV-luftledningerne Lykkegård-Sønder Felding-Herning og Karlsgårde-Stovstrup-Videbæk-Idomlund kan demonteres.



Figur 22 De eksisterende 150 kV-luftledninger Lykkegård-Sønder Felding-Herning og Karlsgårde-Stovstrup-Videbæk-Idomlund (tv.) forudsættes demonteres og kabellægges i forbindelse med etablering af 400 kV Endrup-Idomlund (th.)

5.5.3.3 400 kV Landerupgård-Revsing (Kolding-Vejen)

I forbindelse med en eventuel etablering af en 400 kV-luftledning fra Landerupgård til Revsing, er det muligt at gennemføre gennemført kabellægninger i 150 kV-nettet, således at 150 kV-luftledningen Landerupgård-Bramdrup-Andst kan demonteres.



Figur 23 De eksisterende 150 kV-luftledninger Landerupgård-Bramdrup-Andst (tv.) forudsættes demonteres og kabellægges i forbindelse med etablering af 400 kV Landerupgård-Revsing (th.)

6. Mulige udbygningsprincipper for eltransmissionsnettet

Med udgangspunkt i de principielle overvejelser vedr. de teknologiske og miljømæssige hensyn er det valgt at vurdere en række konkrete udbygnings- og forskønnelsesprincipper.

Der skelnes mellem principper for etablering af nye anlæg i forbindelse med udbygning af eltransmissionsnettet og modeller for tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplaner.

6.1 Principper for etablering af nye anlæg

Ved etablering af nye 400 kV- og 132-150 kV-forbindelser er det valgt at belyse følgende principper:

- **400 kV: Nye forbindelser i kabler**
  Etablering af nye 400 kV-transmissionsforbindelser foretages med kabler i jorden, hvilket svarer til intentionen bag Princip C i Elinfrastrukturrapporten og de gældende retningslinjer.

- **400 kV: Nye forbindelser i luften med kabellægning på udvalgte strækninger**
  Etablering af nye 400 kV-transmissionsforbindelser foretages i luften[9] med kabellægning på udvalgte strækninger. Dette svarer til de 400 kV-udbygningsprincipper, der var gældende før 2008.

  I investeringsomkostningerne er der medregnet en omkostning til partielle 400 kV-kabellægninger, svarende til 5 % af forbindelsens samlede længde.

  De konkrete strækninger, som kabellægges, defineres i forbindelse med detailplanlægningen af de konkrete 400 kV-luftledningsprojekter ud fra en helhedsbetragtning af den samlede miljøpåvirkning, således at der kan skabes en fornuftig balance mellem miljøpåvirkning fra nye og eksisterende anlæg og projektets samlede økonomi.

  Med dette princip afsættes der endvidere et samlet beløb til kompenserende kabellægning af 10-60 kV-luftledninger i de berørte områder og nabopakker til kommunerne, tidligere beskrevet i afsnit 5.3.2.5 og 5.3.2.6. Herudover gennemføres der kabellægninger af 132-150 kV-luftledninger i nærheden i henhold til kabellægningspakken "132-150 kV: Eksisterende net kabellægges på udvalgte strækninger i forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger", som beskrives i afsnit 6.2.

  Med dette princip er det endvidere muligt at lave en samlet vurdering af økonomi, teknik og miljøpåvirkning ved gennemførelse af de konkrete projekter i forhold til, om hele strækningen skal kabellægges. Dette kan være særligt relevant i de tilfælde, hvor overføringsbehovet kan håndteres med et enkelt kabelsystem, da omkostninger for kabelløsningen bliver sammenlignelige.

[9] Hvis der er tale om etablering af nye forbindelser igennem by eller boligområder, forudsættes dette gennemført som kabellægninger i alle principperne. Dette gør sig bl.a. gældende for den forudsatte tredje forsyningsvej til København (Bellahøj)

- **400 kV: Nye forbindelser i luften**
  Etablering af nye 400 kV-transmissionsforbindelser foretages i luften uden nogen miljøhensyn.

  Dette vurderes som udgangspunkt ikke at være et realistisk alternativ, da det erfaringsmæssigt har været nødvendigt at kunne prioritere kabellægning på udvalgte strækninger for at kunne realisere visse projekter.

- **132-150 kV: Nye forbindelser i kabler**
  Etablering af nye 132-150 kV-transmissionsforbindelser foretages med kabler i jorden. Dette svarer til den gældende praksis siden 2004-2005.

- **132-150 kV: Nye forbindelser i luften**
  Etablering af nye 132-150 kV-transmissionsforbindelser foretages i luften.

  Dette vurderes, som udgangspunkt, ikke at være et realistisk alternativ, da det ikke vurderes at være større tekniske og omkostningsmæssige gevinster ved etablering med luftledning på disse spændingsniveauer. Sammenholdt med de store plan- og miljømæssige ulemper og udfordringer ved etablering af 132-150 kV-luftledninger vurderes dette kun at være en teoretisk overvejelse.

6.2 Modeller for fokuseret kabellægning

Der er opstillet en række forskønnelses- og kabellægningspakker, som principielt kan til- og fravælges efter ønske.

- **400 kV: Forskønnelse af eksisterende 400 kV-transmissionsnet i natur**
  Det eksisterende 400 kV-net kan forskønnes på udvalgte strækninger i natur med særlig nationale interesser jf. Energinet.dk's rapport Forskønnelse af 400 kV nettet fra 2009.

  Konkret omfatter denne forskønnelsespakke de tre projekter, som endnu ikke er gennemført:
  - Årslev Engsø, ca. 7 km
  - Roskilde Fjord, ca. 8 km
  - Kongernes Nordsjælland, ca. 11 km

  400 kV-forskønnelsesprojekter forudsættes gennemført i 2021.

- **132-150 kV: Eksisterende net kabellægges i henhold til en sammenhængende kabelhandlingsplan**
  Det eksisterende 132-150 kV-net kan kabellægges i henhold til en sammenhængende kabelhandlingsplan jf. Energinet.dk's rapport Kabelhandlingsplan 132-150 kV fra 2009.

  Konkret omfatter denne kabellægningspakke en færdiggørelse af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen, svarende til demontering af yderligere ca. 2.400 system-km (1.700 tracé-km) 132-150 kV-luftledning.

  Kabelhandlingsplanen forudsættes gennemført frem mod 2030.

- **132-150 kV: Eksisterende net kabellægges på udvalgte strækninger i natur**
  Det eksisterende 132-150 kV-net kan forskønnes på udvalgte strækninger i natur og landskab, som beskrevet i afsnit 5.5.1.

  Konkret omfatter denne kabellægningspakke en kabellægning af 132-150 kV-luftledningsnettet i natur med fokus på Nationalparker, Natura 2000-områder og kystlandskaber på 34 delstrækninger med en samlet længde på 192 km. De 34 delstrækninger er fordelt med 13 delstrækninger på i alt 66 km i Jylland-Fyn og 20 delstrækninger på i alt 126 km på Sjælland-Lolland-Falster.

  Kabellægningspakken forudsættes gennemført med et projekt pr. år i henholdsvis Jylland-Fyn og Sjælland-Lolland-Falster fra 2020. Dette betyder, at alle 13 delstrækninger i Jylland-Fyn er forudsat gennemført i 2032, mens alle 20 delstrækninger på Sjælland-Lolland-Falster er forudsat gennemført i 2039.

- **132-150 kV: Eksisterende net kabellægges på udvalgte strækninger nær by og byvækst**
  Det eksisterende 132-150 kV-net kan forskønnes på udvalgte strækninger nær by og byvækst, som beskrevet i afsnit 5.5.2.

  Konkret omfatter denne kabellægningspakke en kabellægning af 132-150 kV-luftledningsnettet nær by og byvækst på 66 delstrækninger med en samlet længde på 176 km. De 66 delstrækninger er fordelt med 26 delstrækninger på i alt 73 km i Jylland-Fyn og 40 delstrækninger på i alt 103 km på Sjælland-Lolland-Falster.

  Kabellægningspakken forudsættes gennemført med to projekter pr. år i henholdsvis Jylland-Fyn og Sjælland-Lolland-Falster fra 2020. Dette betyder, at alle 26 delstrækninger i Jylland-Fyn er forudsat gennemført i 2032, mens alle 40 delstrækninger på Sjælland-Lolland-Falster er forudsat gennemført i 2039.

- **132-150 kV: Eksisterende net kabellægges på udvalgte strækninger i forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger**
  Af hensyn til realiserbarheden ved etablering af nye 400 kV-luftledninger, kan der gennemføres kabellægninger i 132-150 kV-nettet. Denne mulighed vil indgå i forbindelse med detailplanlægningen af de konkrete 400 kV-luftledningsprojekter og indgår i en helhedsbetragtning af den samlede miljøpåvirkning, således at der kan skabes en fornuftig balance mellem miljøpåvirkning fra nye og eksisterende anlæg og projektets samlede økonomi.

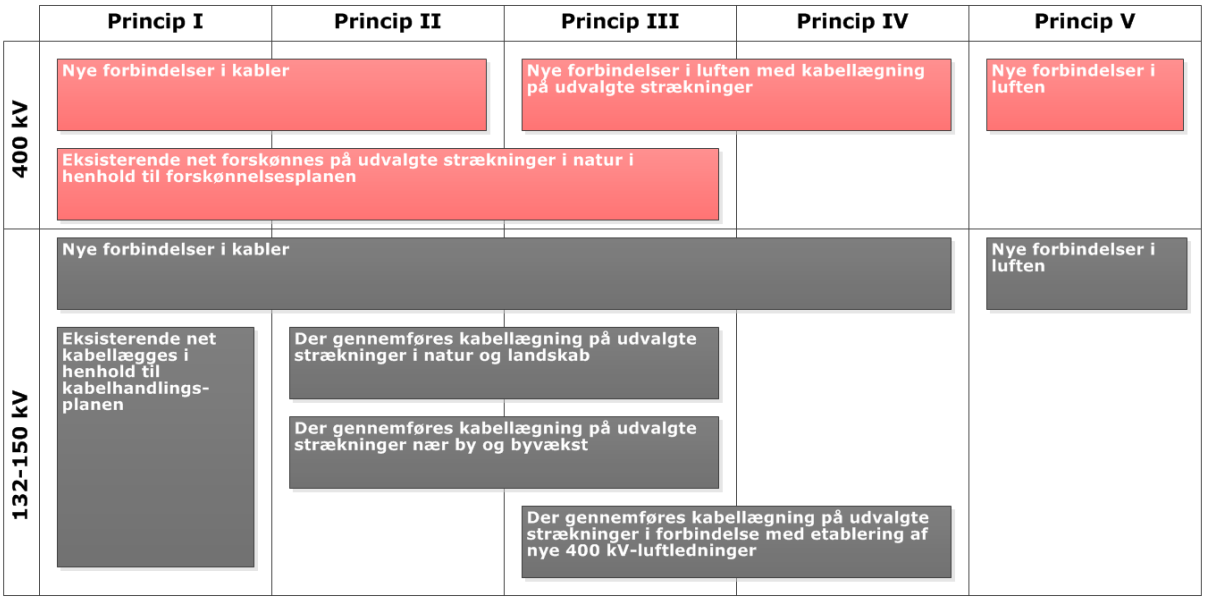
  I forbindelse med tre konkrete 400 kV-projekter er der forudsat gennemført kabellægning i 132-150 kV-nettet, som beskrevet i afsnit 5.5.3:
    - 400 kV Vestkystopgradering til Tyskland
    - 400 kV Endrup-Idomlund
    - 400 kV Landerupgård-Revsing

  Kabellægningen giver samtidig mulighed for, at genanvende eksisterende 132-150 kV-tracéer, hvor dette vurderes hensigtsmæssigt.

6.3 Undersøgte udbygningsprincipper

De ovenstående principper for etablering af nye anlæg og modeller for tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne kan kombineres på mange måder. For at lette fremstillingen af resultater er der opstillet fem konkrete udbygningsprincipper, som behandles nærmere i redegørelsen[10].

Da arbejdet er igangsat med henblik på at reducere investeringsomfanget præsenteres der ikke udbygningsprincipper, som vil lede til dyrere løsninger end i dag. De fem konkrete udbygningsprincipper er opstillet således, at omkostningerne og de visuelle hensyn mindskes, jo længere der bevæges til højre. Principperne er vist i Figur 24.



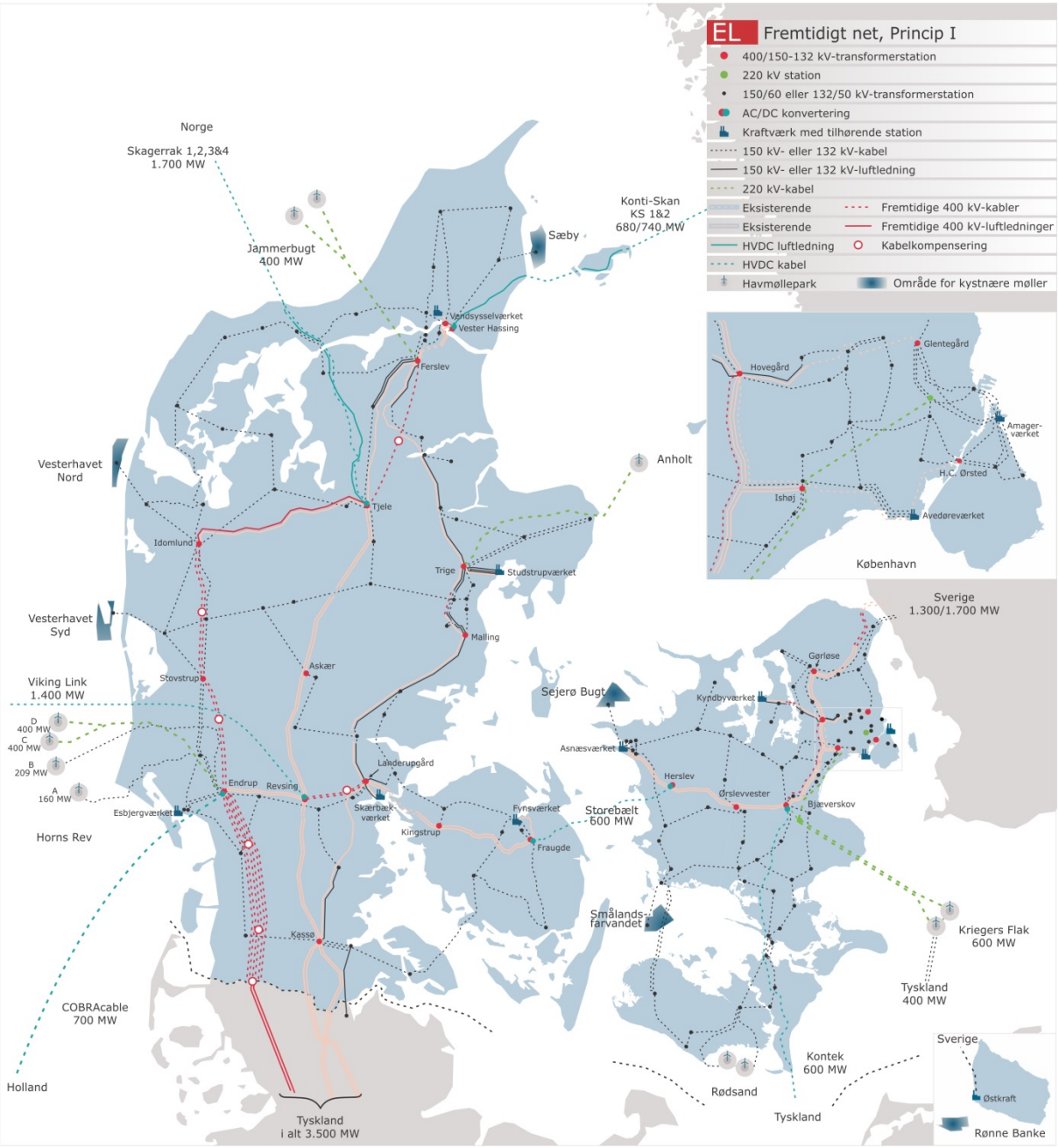
Figur 24 De undersøgte udbygningsprincipper.

[10] Valget af de konkrete udbygningsprincipper betyder, at udbygning med 400 kV-luftledninger i kombination med en 132-150 kV-kabelhandlingsplan ikke præsenteres i redegørelsen. Kombinationen er udeladt, da arbejdet er igangsat med henblik på at reducere investeringsomfanget. Såfremt der alligevel ikke ønskes en tilpasning af kabelhandlingsplanerne, vil denne kombination være relevant at vurderer nærmere, da den er både billigere og i højere grad end Princip I vil kunne rumme VE-omstillingen.

6.3.1 Princip I – Nye 400 kV-forbindelser i kabler og omfattende forskønnelse af eksisterende 132-150 kV- og 400 kV-net

Princip I svarer til de nuværende planer for forskønnelse og kabellægning, og indebærer en omfattende forskønnelse af det eksisterende transmissionsnet, hvor der både forskønnes i natur på udvalgte 400 kV-strækninger (forskønnelsesprojekterne) samtidig med, at hele 132-150 kV-nettet kabellægges (kabelhandlingsplanen). Etablering af nye 132-150 kV- og 400 kV-forbindelser foretages med kabler i jorden.

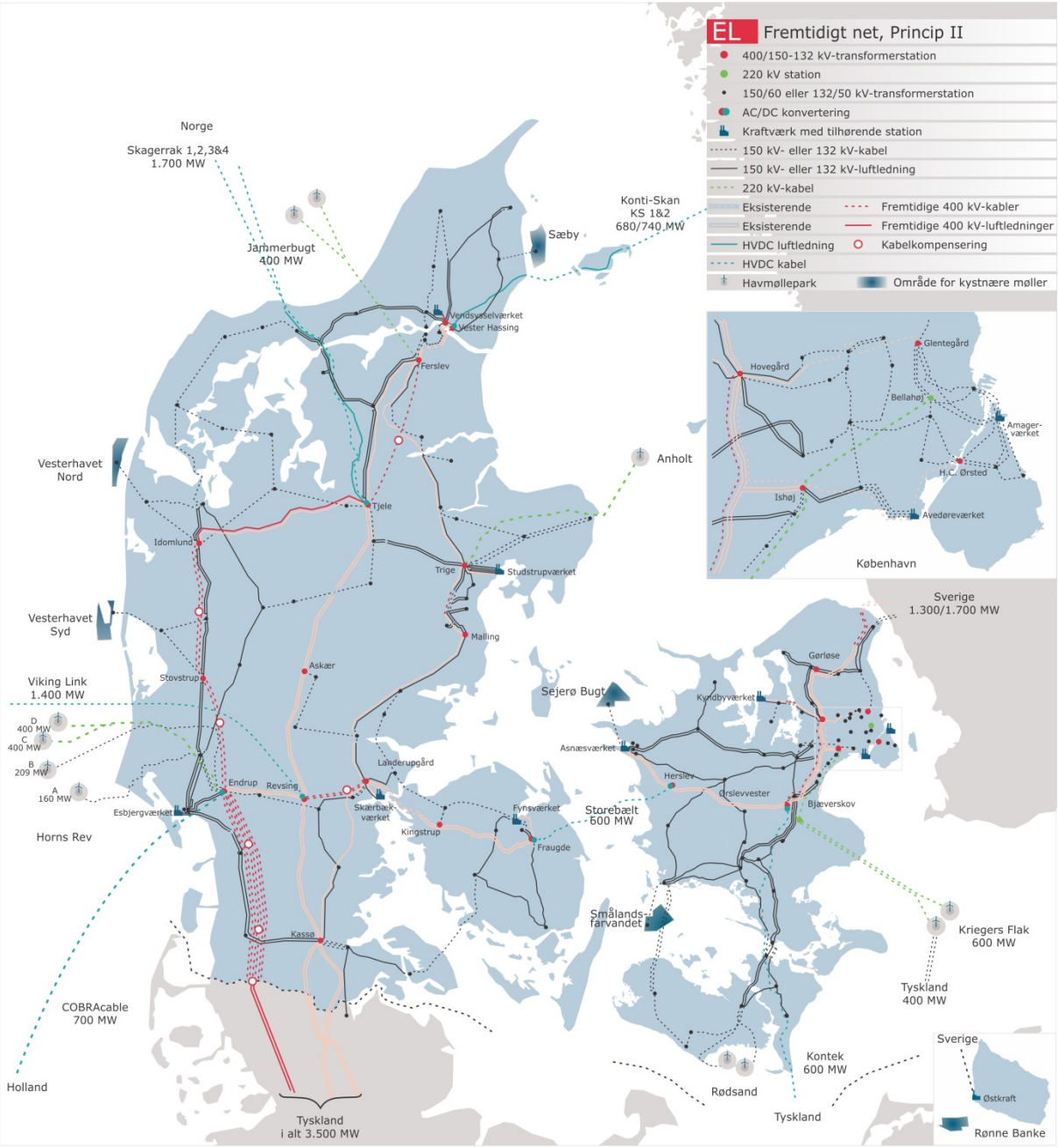
Da Princip I repræsenterer den måde, hvorpå de gældende udbygningsprincipper er blevet udmøntet, anvendes dette princip som reference ved gennemførelse af de økonomiske, tekniske og miljømæssige vurderinger.



Figur 25 Fremtidigt net, Princip I.

6.3.2 Princip II – Nye 400 kV-forbindelser i kabler, 400 kV-forskønnelse i natur og fokuseret 132-150 kV-kabellægning i natur og landskab samt nær by og byvækst

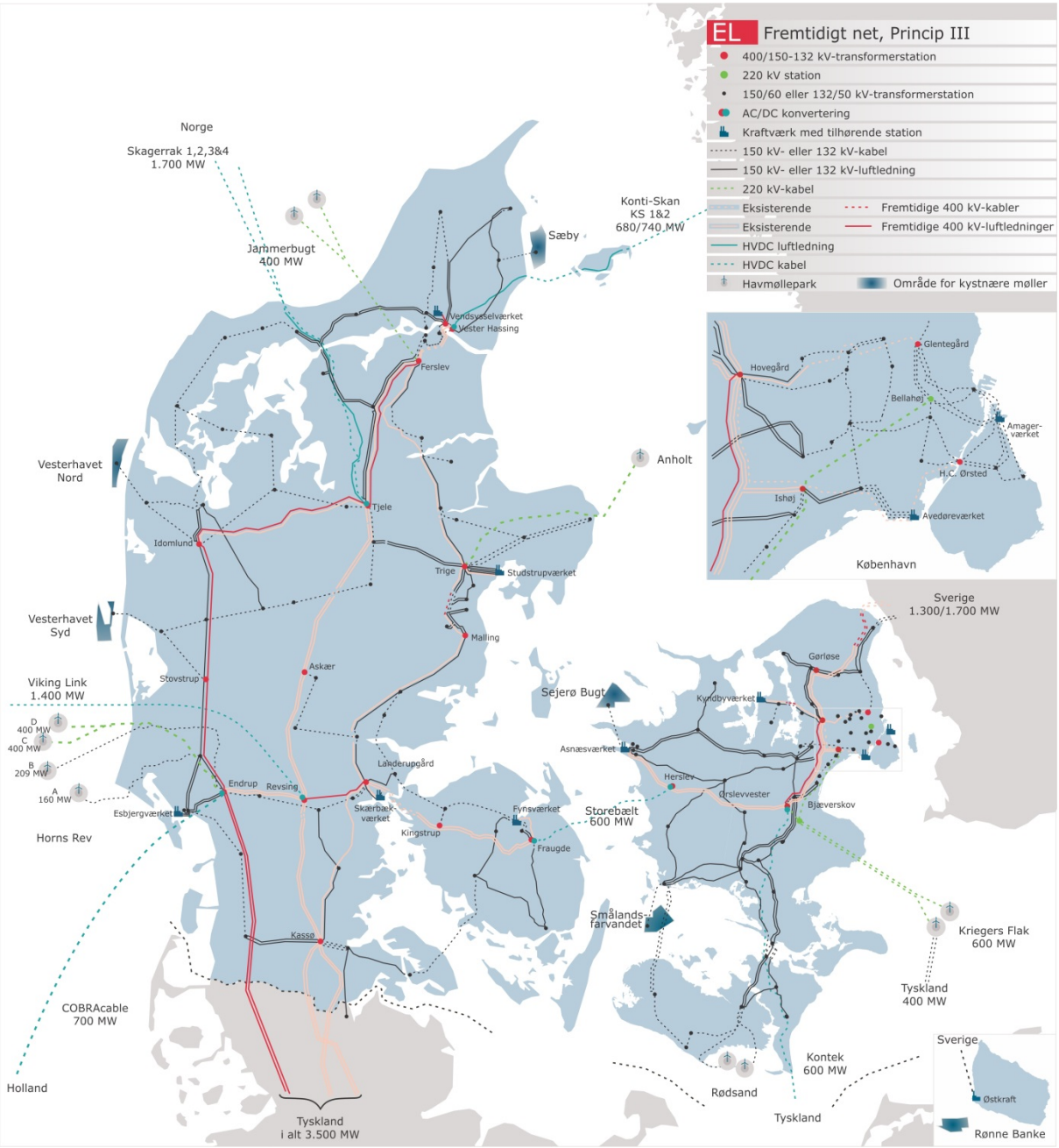
Princip II repræsenterer en fokuseret forskønnelse på udvalgte 400 kV-strækninger i natur (forskønnelsesprojekterne) og af det eksisterende 132-150 kV-net i natur og landskab samt nær by og byvækst (kabellægningspakker), mens de resterende dele af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen annulleres. Etablering af nye 132-150 kV- og 400 kV-forbindelser foretages med kabler i jorden.



Figur 26 Fremtidigt net, Princip II. De prioriterede strækninger i natur og landskab samt by og byvækst er ikke indtegnet. Der henvises til Figur 19 og Figur 20.

6.3.3 Princip III – Nye 400 kV-forbindelser i luften og fokuseret 132-150 kV-kabellægning i natur og landskab samt nær by og byvækst

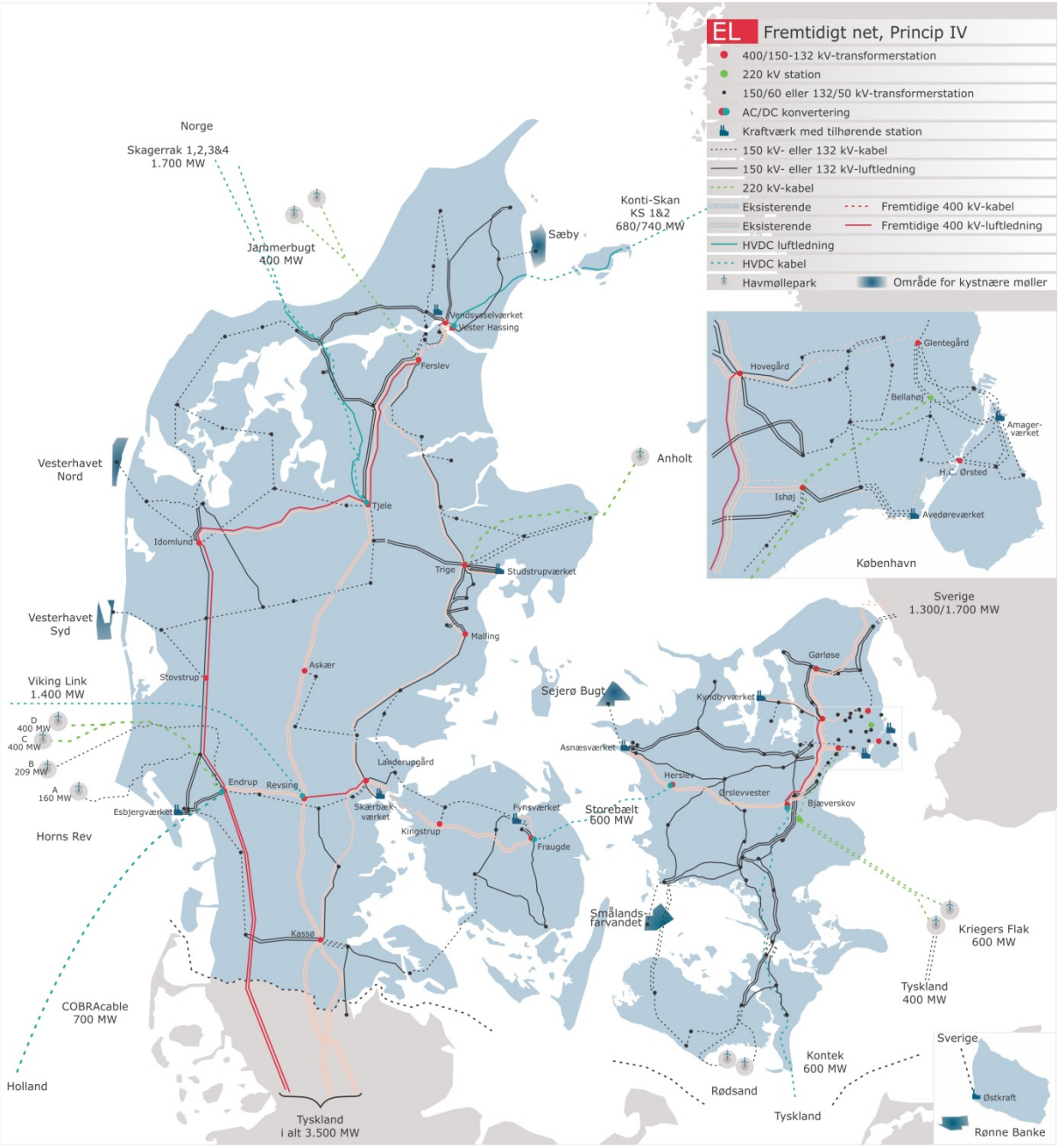
Princip III repræsenterer en fokuseret forskønnelse på udvalgte 400 kV-strækninger i natur (forskønnelsesprojekterne) og af det eksisterende 132-150 kV-net i natur og landskab samt nær by og byvækst (kabellægningspakker), mens de resterende dele af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen annulleres. Etablering af nye 132-150 kV-forbindelser foretages med kabler i jorden, mens etablering af nye 400 kV-forbindelser foretages med luftledninger i åbent land, med kabellægning på udvalgte strækninger. I forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger foretages der kabellægning af eksisterende 132-150 kV-luftledninger i nærheden for at mindske den landskabelige påvirkning i de pågældende områder.



Figur 27 Fremtidigt net, Princip III. De prioriterede strækninger i natur og landskab samt by og byvækst er ikke indtegnet. Der henvises til Figur 19 og Figur 20.

6.3.4 Princip IV – Nye 400 kV-forbindelser i luften

Princip IV repræsenterer ingen forskønnelse af det eksisterende 400 kV- eller 132-150 kV-net. Etablering af nye 132-150 kV-forbindelser foretages med kabler i jorden, mens etablering af nye 400 kV-forbindelser foretages med luftledninger i åbent land, med kabellægning på udvalgte strækninger. I forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger foretages der kabellægning af eksisterende 132-150 kV-luftledninger i nærheden for at mindske den landskabelige påvirkning i de pågældende områder.

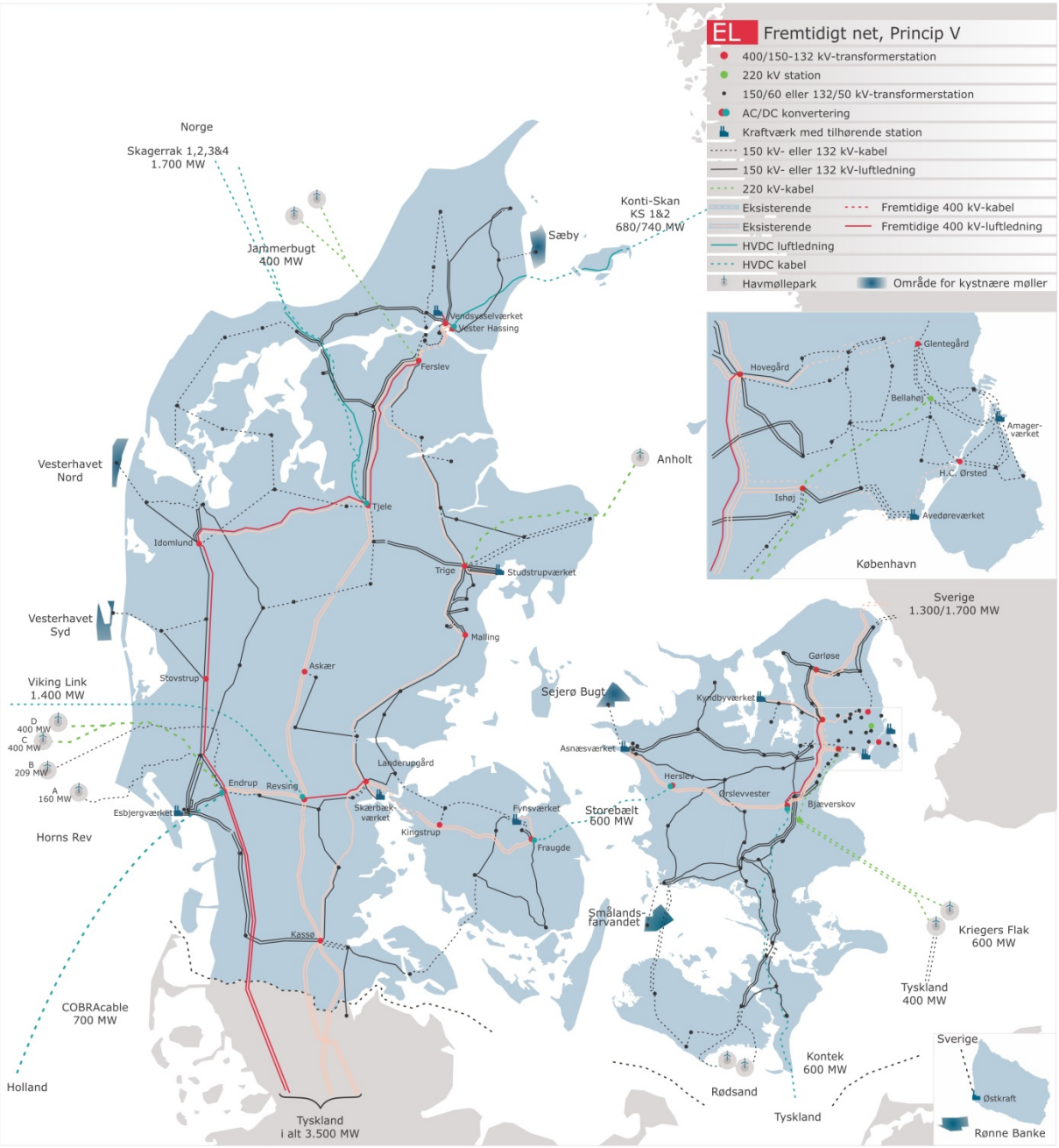


Figur 28 Fremtidigt net, Princip IV.

6.3.5 Princip V – Alle nye forbindelser i luften

Princip V repræsenterer ingen forskønnelse af det eksisterende transmissionsnet. Etablering af nye forbindelser foretages med luftledninger i åbent land på både 400 kV og 132-150 kV-niveau uden at der tages særlige miljømæssige hensyn.

Princippet viser det samlede potentiale for besparelser, hvis alle kabelhandlingsplans- og forskønnelsesprojekter fravælges, og hvis alle nye anlæg etableres med luftledninger uden særlige miljømæssige hensyn. Dette princip vurderes dog udelukkende som et teoretisk valg, da der ikke medtages nogen redskaber til at imødekomme den lokale modstand og det endvidere ikke vurderes for praktisk og økonomisk optimalt at bygge 132-150 kV-luftledninger.



Figur 29 Fremtidigt net, Princip V.

6.4 Gennemførte analyser

For hvert af de fem principper er der gennemført en række analyser.

6.4.1 Belastningsanalyser

Netstrukturen i de fem principper er opstillet med udgangspunkt i Netudviklingsplan 2015 og justeret med relevante ændringer.

For hvert princip er der gennemført belastningsanalyser for at sikre at netstrukturen lever op til de opstillede krav og for at korlægge overføringsbehovene. Belastningsanalyserne er gennemført for henholdsvis intakt net, (n-1)-udfald samt relevante (n-1)-1-udfald i henhold til kravene i Tabel 15.

Der er kun regnet på overføringsbehovene på interne transmissionsforbindelser. Vedrørende samarbejdsforbindelser er der forudsat samme overføringsbehov som i analyseforudsætninger i koordinering med de respektive igangværende modningsprojekter.

For 400 kV Vestkystopgraderingen fra Esbjerg til Tyskland forudsættes etableret med to vekselstrømssystemer, med en overføringskapacitet på ca. 2.000 MW pr. system for at kunne matche overføringsevnen i den luftledning, som tyskerne bygger op til grænsen. Det endelige overføringskrav skal aftales i samarbejde med tyskerne og afhænger bl.a. den forudsatte mængde af vindkraft i det danske og tyske elsystem, samt hvilke fejlsituationer der skal kunne håndteres.

6.4.2 Nettabsberegninger

Der er gennemført nettabsberegninger for år 2035 baseret på Sivael-kørsler.

6.4.3 Driftsomkostninger

Der er estimeret omkostninger til drift og vedligehold baseret på netændringer og standardpriser for henholdsvis luftledninger og kabler.

6.4.4 Investeringsomfang

Baseret på det forudsatte net og de beregnede overføringsbehov er investeringerne for de enkelte principper fastlagt baseret på standardpriser.

7. Vurdering af konsekvenser for de mulige udbygningsprincipper

I dette afsnit illustreres de økonomiske, tekniske og miljømæssige konsekvenser for de fem undersøgte principper.

7.1 Økonomi

I det følgende præsenteres de økonomiske konsekvenser for de enkelte principper.

Omkostningerne for de enkelte delelementer er nærmere specificeret i bilag 3.

7.1.1 Investeringsomfang

I det følgende opgøres investeringsomfang og besparelsespotentialer for de fem undersøgt principper. Investeringsomfanget præsenteres først for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne og herefter for de fremtidige udbygninger af elinfrastrukturen, der forudsættes baseret på det anvendte forudsætningsgrundlag.

7.1.1.1 Investeringsomfang i modellerne for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne

Investeringsomfanget for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne er opsummeret i nedenstående tabel.

	Investering - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	687	687	687	200	200
132-150 kV-kabelhandlings-/reinvesteringsplan	9.233	2.882	2.882	2.882	2.882
132-150 kV-kabellægningspakke - natur	0	1.014	1.014	0	0
132-150 kV-kabellægningspakke - by	0	1.479	1.479	0	0
I alt	**9.920**	**6.062**	**6.062**	**3.082**	**3.082**

Tabel 19 Investeringsomfang i 2014-priser ved tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

Som vist udestår der investeringer for ca. 9,9 mia. kr., hvis kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne gennemføres som hidtil planlagt (Princip I). Ved en tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne kan investeringsomfanget sænkes til ca. 6,1 mia. kr. (Princip II og III). Ved en fuldstændig annullering af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne udgør reinvesteringerne i 132-150 kV- og 400 kV-nettet ca. 3,1 mia. kr. (Princip IV-V).

Ved at anvende Princip I som reference kan besparelsespotentialet opgøres som vist i nedenstående tabel.

	Besparelsespotentiale - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	0	0	0	487	487
132-150 kV-kabelhandlings-/reinvesteringsplan	0	6.351	6.351	6.351	6.351
132-150 kV-kabellægningspakke - natur	0	-1.014	-1.014	0	0
132-150 kV-kabellægningspakke - by	0	-1.479	-1.479	0	0
I alt	**0**	**3.858**	**3.858**	**6.838**	**6.838**

Tabel 20 Reduktion i investeringsomfanget i 2014-priser ved tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

Ved at annullere hele 132-150 kV-kabelhandlingsplanen og i stedet reinvestere 132-150 kV-luftledningsnettet kan der spares ca. 6,4 mia. kr., mens der kan spares yderligere ca. 0,5 mia. kr. ved at annullere 400 kV-forskønnelsesprojekterne og i stedet reinvestere i luftledningerne. Det samlede besparelsespotentiale for kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne udgør dermed ca. 6,8 mia. kr. frem mod 2040 (Princip IV og V).

De ca. 6,8 mia. kr. frem mod 2040 kan sammenholdes med det tidligere udmeldte besparelsespotentiale i kommissoriet på ca. 6,3 mia. kr. frem mod 2030. Forskellen i besparelsespotentialet skyldes primært, at der i denne redegørelse er anvendt Energinet.dk's Netudviklingsplan 2015 som reference, mens der i det oprindelige besparelsespotentiale blev taget udgangspunkt i Netudviklingsplan 2013. I Netudviklingsplan 2015 er der bl.a. forudsat ca. 200 km mere kabellægning i 132-150 kV-nettet end i Netudviklingsplan 2013, ligesom der er forudsat betydelig højere omkostninger til stationsændringer i forbindelse med kabellægning, samlet set ca. 1,5 mia. kr. Omvendt er der i det nye besparelsespotentiale medregnet ca. 0,9 mio. kr. mere til reinvesteringer i perioden efter 2030 og ca. 0,1 mia. kr. mere til forstærkning af 132-150 kV-nettet, såfremt dette ikke kabellægges.

I Princip II og III gennemføres de resterende 400 kV-forskønnelsesprojekter, hvilket reducerer besparelsespotentialet med ca. 0,5 mia. kr.

I Princip II og III gennemføres der kabellægning af en række 132-150 kV-luftledningsstrækninger i henholdsvis natur og landskab samt nær by og byvækst. Ved at gennemføre disse kabellægningspakker reduceres besparelsespotentialet med ca. 2,5 mia. kr.

De enkelte 132-150 kV-kabellægningspakker og 400 kV-forskønnelsesprojekter kan tilvælges og kombineres efter ønske, ligesom omfanget kan tilpasses ved at justere på de kriterier, der er anvendt til at udpege, hvilke konkrete luftledningsstrækninger der kabellægges.

I det påviste besparelsespotentiale for 132-150 kV-kabelhandlingsplanen på 6,4 mia. kr. indgår to bynære kabellægningsprojekter[11], som er godkendt i Energinet.dk's bestyrelse. Disse to projekter indgår som prioriterede strækninger i kabellægningspakken for by og byvækst, og vil altså også blive gennemført i Princip II og III.

[11] Esbjerg partiel
Næstved partiel

7.1.1.2 Investeringsomfang i principperne for den fremtidige udbygning af elinfrastrukturen

Baseret på det anvendte forudsætningsgrundlag for den fremtidige udbygning af vedvarende energi og nye samarbejdsforbindelser til naboområder er der påvist et udbygningsbehov af elinfrastrukturen. Såfremt dette udbygningsbehov skal realiseres med de beskrevne principper giver dette et investeringsomfang som vist i nedenstående tabel.

	Investering - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forstærkninger	9.064	9.064	4.808	4.808	4.235
132-150 kV-forstærkninger	1.581	1.581	1.348	1.348	1.101
132-150 kV-kabellægning ved nye 400 kV luftledninger	0	0	314	314	-141
I alt	**10.646**	**10.646**	**6.470**	**6.470**	**5.194**

Tabel 21 Forudsat investeringsomfang i 2014-priser ved udbygning af elinfrastrukturen, baseret på de forudsatte udbygningsbehov.

Omkostningerne til 132-150 kV-forstærkninger ændres en anelse principperne imellem. Forskellen mellem Princip I-II og Princip III-IV skyldes, at der i Princip III og IV er mulighed for at sammentænke nye 400 kV-luftledninger med 150 kV-nettet, hvormed enkelte 150 kV-forstærkninger kan spares. Forskellen mellem Princip III-IV og Princip V skyldes, at 132-150 kV-forstærkningerne i Princip V foretages med luftledninger i stedet for kabler.

I Princip III og IV foretages der kabellægning og demontering af en række 132-150 kV-luftledninger i forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger. Dette giver en samlet merinvesteringer på ca. 0,3 mia. kr., når sparede reinvesteringer er medregnet. Besparelse på ca. 0,1 mia. kr. i Princip V skyldes, at der med etablering af en 400-150 kV-luftledning kan spares reinvesteringer i en række 132-150 kV-luftledninger, da disse bliver overflødige.

Ved at anvende Princip I som reference, kan besparelsespotentialet for den forudsatte udbygning af elinfrastrukturen opgøres som vist i nedenstående tabel.

	Besparelsespotentiale - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forstærkninger	0	0	4.256	4.256	4.829
132-150 kV-forstærkninger	0	0	234	234	481
132-150 kV-kabellægning ved nye 400 kV luftledninger	0	0	-314	-314	141
I alt	**0**	**0**	**4.176**	**4.176**	**5.452**

Tabel 22 Reduktion i investeringsomfanget i 2014-priser ved udbygning af elinfrastrukturen, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

Som det fremgår, vil det med de forudsatte udbygninger være ca. 4,2 mia. kr. billigere at gennemføre udbygninger af 400 kV-nettet med luftledninger frem for med kabler i jorden (Princip III og IV). Der er i denne pris indregnet omkostninger til kortere delvise kabellægninger af de nye 400

kV-luftledninger, ligesom der gennemføres en række kabellægninger af 132-150 kV-luftledninger i de berørte områder.

Det forudsatte investeringsomfang reduceres yderligere og vil være ca. 5,5 mia. kr. billigere, hvis alle udbygningerne foretages med luftledninger på både 400 kV- og 132-150 kV-niveau, og der ikke gennemføres nogen miljømæssige hensyn.

Reduktionen i det forudsatte investeringsomfang for fremtidige udbygninger af elinfrastrukturen vedrører mulige, ikke godkendte projekter, som i høj grad afhænger af de anvendte forudsætningsgrundlag for fx VE-udbygning og nye fremtidige samarbejdsforbindelser. Konsekvenserne ved at fastholde de nuværende principper, hvor nye 400 kV-forbindelser etableres som kabler i jorden (Princip I og II), er, at omkostningerne til nødvendige forstærkninger af elinfrastrukturen i forbindelse med etablering af nye samarbejdsforbindelser (fx de forventede nye forbindelser fra Jylland til henholdsvis England og Tyskland) bliver så store, at business-casen for de samlede projekter kan blive negativ. Dette kan potentielt betyde, at samarbejdsforbindelser, som ville være samfundsøkonomisk rentable, hvis 400 kV-nettet udbygges med 400 kV-luftledninger, ikke bliver etableret. Isoleret set kan dette lede til et lavere investeringsomfang end forudsat i Tabel 21, hvilket dog vil ske på bekostning af den samfundsøkonomisk gevinst, der kunne være realiseret, hvis samarbejdsforbindelserne blev etableret samtidig med, at 400 kV-nettet blev udbygget med luftledninger.

Såfremt nye 400 kV-forbindelser fremover kan etableres som luftledninger (Princip III-V), sænkes det generelle omkostningsniveau, hvilket vil øge sandsynligheden for, at der fremover etableres flere og stærkere samarbejdsforbindelser – også udover de forbindelser, der er forudsat i dette arbejde. Isoleret set kan dette betyde, at det forudsatte investeringsomfang fra Tabel 21 øges, hvilket dog vil ske på baggrund af en samlet samfundsøkonomisk gevinst.

7.1.1.3 Samlet investeringsomfang, tarifvirkning og samfundsøkonomi

I nedenstående tabel er det samlede investeringsomfang for de fem principper illustreret.

	Investering - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	687	687	687	200	200
132-150 kV-kabelhandlingsplan	9.233	5.375	5.375	2.882	2.882
Udbygning af 132-150-400 kV-nettet	10.646	10.646	6.470	6.470	5.194
I alt	**20.566**	**16.708**	**12.532**	**9.552**	**8.276**

Tabel 23 Samlet investeringsomfang i 2014-priser ved tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne samt ved udbygning af elinfrastrukturen, baseret på de forudsatte udbygningsbehov.

Det fremgår, at der frem til 2040 forudsættes investeringer i størrelsesordenen fra ca. 20,6 mia. kr. ved uændrede planer og principper og ned til 8,3-9,6 mia. kr. ved større tilpasninger af de eksisterende planer og principper.

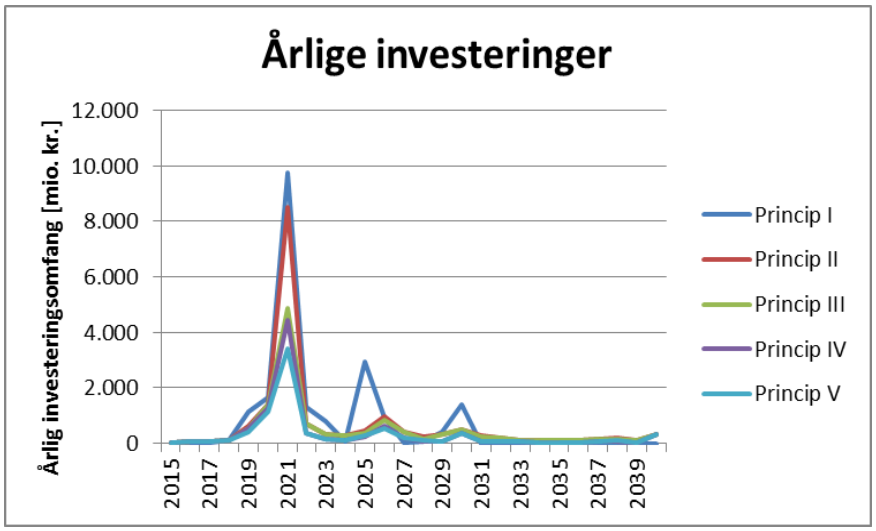
Reduktionen i investeringsomfanget er opsummeret i nedenstående tabel med Princip I som reference.

	Besparelsespotentiale - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	0	0	0	487	487
132-150 kV-kabelhandlingsplan	0	3.858	3.858	6.351	6.351
Udbygning af 132-150-400 kV-nettet	0	0	4.176	4.176	5.452
I alt	**0**	**3.858**	**8.034**	**11.014**	**12.290**

Tabel 24 Reduktion i investeringsomfanget i 2014-priser ved tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne samt ved udbygning af elinfrastrukturen, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

Det skal bemærkes, at reduktionen i investeringsomfanget inden for 400 kV-forskønnelsesprojekter og 132-150 kV-kabelhandlingsplan omfatter investeringer, der følger af planerne, som havde bred politisk opbakning. Investeringerne i udbygning af 132-150-400 kV-nettet omfatter de forudsatte mulige udbygninger af hensyn til forsyning, integration af VE og markedsskabelse, som ikke er politisk besluttede.

Investeringsomfanget i perioden 2015-2040 er illustreret for de fem principper i Figur 30.



Figur 30 Investeringsomfang for de enkelte principper i perioden 2015-2040, baseret på de forudsatte udbygningsbehov.

7.1.2 Driftsomkostninger

Driftsomkostningerne bliver påvirket på forskellig vis i de enkelte principper.

7.1.2.1 Drift og vedligehold

Nedenfor er ændringerne i anlægsmassen opsummeret fordelt på spændingsniveau og type.

	Ændringer i 132 kV-, 150 kV- og 400 kV-nettet				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	Tracé-km	Tracé-km	Tracé-km	Tracé-km	Tracé-km
132-150 kV-luftledninger	-1.697	-465	-653	-284	47
132-150 kV-kabler	2.103	721	800	358	0
400 kV-luftledninger	-26	-26	162	188	196
400-150 kV-luftledninger	0	0	98	98	103
400 kV-kabler	874	874	74	48	0
I alt	**1.254**	**1.104**	**481**	**408**	**346**

Tabel 25 Netændringer på hhv. 400 kV- og 132-150 kV-niveau. Positive værdier repræsenterer tilgang.

Baseret på ændringerne i anlægsmassen og gennemsnitsomkostninger til vedligehold af kabel og luftledninger kan de årlige omkostninger til drift og vedligehold beregnes med Princip I som reference. De årlige omkostninger er kapitaliseret over en 40 årig periode med en rente på 4% og en gennemsnitlig elpris på 400 kr., som vist i Tabel 26.

	Årlige omkostninger mio. kr.	Kapitaliserede omkostninger mio. kr.
Princip I	0,0	0,0
Princip II	4,7	92,2
Princip III	-3,8	-75,8
Princip IV	-2,5	-49,7
Princip V	-1,7	-34,3

Tabel 26 Opgørelse af ændringer i vedligeholdsomkostninger i de enkelte principper.

Som vist stiger de årlige vedligeholdsomkostninger i Princip II, da der ikke opnås en besparelse ved gennemførelse af kabelhandlingsplanen.

I Princip III, IV og V er der en mindre besparelse, hvilket primært skyldes, at vedligeholdsomkostningerne til 400 kV-luftledninger er lavere end 400 kV-kabler, grundet den mindre anlægsmasse. Her er Princip III billigst grundet færre luftledninger end i Princip IV og V.

7.1.2.2 Nettab

Der er kun gennemført nettabsberegninger for 2035. Tabsændringerne er kapitaliseret over en 40 årig periode med en rente på 4% og en gennemsnitlig elpris på 400 kr., som vist i Tabel 27.

	Tabsændring MWh/år	Årlige omkostninger mio. kr.	Kapitaliserede omkostninger mio. kr.
Princip I	0	0,0	0,0
Princip II	18.913	7,6	149,7
Princip III	-15.994	-6,4	-126,6
Princip IV	-18.287	-7,3	-144,8
Princip V	-16.141	-6,5	-127,8

Tabel 27 Opgørelse af tabsændringer i de enkelte principper.

Da beregningerne kun er baseret på et enkelt årstal og en fast elpris, skal tabsomkostningerne udelukkende anvendes som en indikation af forskellene principperne i mellem.

7.1.3 Samfundsøkonomiske omkostninger

Nedenfor er der gennemført en samfundsøkonomisk opgørelse med Princip I som reference. Den samfundsøkonomiske opgørelse omfatter udelukkende omkostninger til etablering og drift af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne samt de forudsatte udbygninger af elinfrastrukturen, og viser altså besparelsespotentialet i nutidsværdi medregnet ændringer i de løbende driftsomkostninger.

	Samfundsøkonomisk besparelsespotentiale				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
Udbygning af 132-150-400 kV-nettet	0	0	2.806	2.806	3.733
400 kV-forskønnelsesprojekter	0	0	0	336	336
132-150 kV-kabelhandlingsplan	0	3.557	3.557	4.598	4.598
Drift og vedligeholdsomkostninger	0	-92	76	50	34
Tabsomkostninger	0	-150	127	145	128
I alt	**0**	**3.315**	**6.566**	**7.935**	**8.830**

Tabel 28 Samfundsøkonomisk besparelsespotentiale i 2014-priser, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

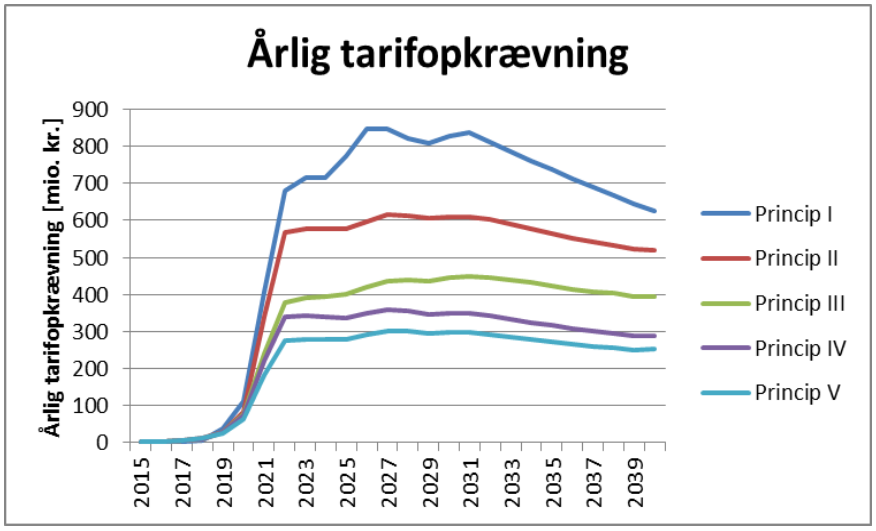
Med Princip II kan der opnås en samfundsøkonomisk besparelse på ca. 3,3 mia. kr. ved at annullere kabelhandlingsplanen og kun gennemføre en prioriteret kabellægning i natur og landskab samt nær by og byvækst.

De samfundsøkonomiske besparelser er ca. dobbelt så høje i Princip III, hvor udbygning af 400 kV-nettet kan foretages med luftledninger. I Princip IV og V stiger de samfundsøkonomiske besparelser yderligere grundet fuldstændig annullering af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

7.1.4 Tarifvirkning (påvirkning af elprisen)

Efter idriftsættelse afskrives de enkelte investeringer over en 40 årig periode, hvor omkostninger til renter og afdrag opkræves via nettariffen.

Med udgangspunkt i det præsenterede investeringsomfang fra Figur 30, kan den årlige tarifopkrævning beregnes, hvilket er illustreret for perioden 2015-2040 i Figur 31.



Figur 31 Årlig tarifopkrævning for de enkelte principper i perioden 2015-2040, baseret på de forudsatte udbygningsbehov.

De gennemsnitlige tarifindtægter for perioden 2015-2040 er opsummeret i Tabel 29.

	Gennemsnitlige årlige tarifopkrævninger 2015-2040 - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	20	20	20	6	6
132-150 kV-kabelhandlingsplan	242	109	109	58	58
132-150-400 kV-udbygninger	311	311	190	190	151
I alt	**572**	**440**	**320**	**254**	**215**
Sum for perioden 2015-2040	**14.882**	**11.430**	**8.309**	**6.605**	**5.590**

Tabel 29 Gennemsnitlige tarifindtægter i perioden 2015-2040, baseret på det forudsatte udbygningsbehov.

Med reference i Princip I er den gennemsnitlige besparelse i tarifopkrævningerne vist i Tabel 30.

	Reduktion i de gennemsnitlige årlige tarifopkrævninger 2015-2040 - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
400 kV-forskønnelsesprojekter	0	0	0	14	14
132-150 kV-kabelhandlingsplan	0	133	133	184	184
132-150-400 kV-udbygninger	0	0	120	120	159
I alt	**0**	**133**	**253**	**318**	**357**
Sum for perioden 2015-2040	**0**	**3.452**	**6.573**	**8.277**	**9.291**

Tabel 30 Gennemsnitlig besparelse i tarifopkrævningerne i perioden 2015-2040, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

Tarifopkrævningerne betales over elregningen af alle elforbrugerne med en fast tarif pr. forbrugt kWh. Med Princip I som reference, er reduktionen i tarifvirkningen vist for de fem principper i tabellen nedenfor. Her er taget udgangspunkt i elforbruget fra Energinet.dk's Analyseforudsætninger, som i perioden 2015-2040 i gennemsnit udgør ca. 40.000 GWh.

	Gennemsnitlig tarifbesparelse 2015-2040 - Fast pris				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	Øre/kWh	Øre/kWh	Øre/kWh	Øre/kWh	Øre/kWh
400 kV-forskønnelsesprojekter	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
132-150 kV-kabelhandlingsplan	0,00	0,33	0,33	0,45	0,45
Udbygning af 132-150-400 kV-nettet	0,00	0,00	0,30	0,30	0,39
I alt	**0,00**	**0,33**	**0,62**	**0,78**	**0,88**

Tabel 31 Gennemsnitlig reduktion i tarifvirkning for perioden 2015-2040 præsenteret i 2014-priser fordelt på henholdsvis 400 kV- og 132-150 kV-niveau, baseret på de forudsatte udbygningsbehov i forhold til gennemførelse under de nuværende udbygningsprincipper.

Baseret på ovenstående tarifvirkning kan de årlige besparelser for elforbrugerne beregnes for de enkelte principper for udvalgte gennemsnitsforbrugere.

	Årlig besparelse for elforbrugerne i gennemsnit (2015-2040)				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	kr./år	kr./år	kr./år	kr./år	kr./år
Husholdning (4.000 kWh/år)	0	13	25	31	35
Små virksomheder (100 MWh/år)	0	326	622	780	877
Store virksomheder (50 GWh/år)	0	162.825	310.994	390.151	438.520

Tabel 32 Årlig besparelse for udvalgte gennemsnitsforbrugere i 2014-priser.

Tarifvirkningen er direkte proportional med besparelsesomfanget og er medtaget for at give et indtryk af, hvilken virkning det vil have på elregningen for privatkunder og virksomheder. Som eksempel vil der for en husstand med et elforbrug på 4.000 kWh/år være tale om en årlig besparelse på ca. 13-35 kr. (13-19 kr. udgøres af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne, mens det de resterede 0-16 kr. afhænger af udbygningsprincipperne). For en mindre virksomhed med elforbrug på 100 MWh/år vil der være en årlig besparelse på ca. 326-877 kr. (327-480 kr. udgøres af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne, mens det de resterede 0-398 kr. afhænger af udbygningsprincipperne). For en stor industrivirksomhed vil de årlige besparelser med et elforbrug på 50 GWh/år udgøre ca. 163.000-439.000 kr. (163.000-240.000 kr. udgøres af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne, mens det de resterede 0-199.000 kr. afhænger af udbygningsprincipperne).

7.2 Teknik

Der er i det følgende foretaget en overordnet teknisk vurdering af de enkelte principper.

7.2.1 400 kV-niveau

Der er i det følgende foretaget en overordnet teknisk vurdering af de enkelte principper.

I alle udbygningsprincipperne er en ombygning af 400 kV-forbindelsen Idomlund-Tjele med et ekstra system på eksisterende master forudsat gennemført som luftledning, som følge af Solcelleaftalen 2012.

I Princip I og II udbygges alle øvrige 400 kV-forbindelser med kabler. Særligt for de tre konkrete projekter; 400 kV Vestkystopgraderingen, 400 kV Endrup-Idomlund og 400 kV Landerupgård-Revsing, vil en kabelløsning være teknisk og økonomisk udfordrende, da der er forudsat behov for mere end et enkelt kabelsystem. Med de lange afstande og mange kabelsystemer bliver der samtidige behov for en række store kompenseringsstationer med mange tekniske anlæg.

Særligt for de to førstnævnte projekter er der tale om en samlet længde på ca. 170 km. Kabellægning af vekselstrømssystemer over så lange afstande har aldrig været gennemført på 400 kV. Selv om Energinet.dk over de seneste år har arbejdet målrettet med kabelteknologi på 400 kV, vil der være behov for yderligere afklaring af en del tekniske forhold for at sikre pålideligheden af de tekniske løsninger, såfremt projekterne skal realiseres som kabelløsninger.

For øvrige 400 kV-projekter vurderes overføringsbehovet med de anvendte analyseforudsætninger at kunne håndteres med et kabelsystem. Dette begrænser kompleksiteten samtidig med, at der er tale om økonomisk sammenlignelige løsninger, hvad angår luftledninger og kabler.

Af økonomiske årsager vil der for kabelløsningerne generelt være tale om løsninger, der dimensioneres til grænsen uden væsentlig fri kapacitet. Eventuelle afvigelser fra forudsætningsgrundlaget kan dermed give behov for etablering af yderligere kabelforbindelser. Da kabelløsningerne har væsentlig lavere overføringsevne end de luftledninger de sammenlignes med, opnås der altså ikke samme robusthed som ved en luftledningsløsning, som kan klare større ændringer i overføringsbehovet. Historiske set kan det konstateres, at der gentagne gange har vist sig en større forskel mellem de anvendte forudsætninger og den reelle udbygning af fx VE. Det er derfor sandsynligt, at den manglende robusthed i det forudsatte kabelnet vil lede til øgede investeringer end forudsat i Princip I og II.

I Princip III og IV gennemføres udbygningen af 400 kV-nettet i luften med mulighed for delvise kabellægninger på udvalgte strækninger. Fra et teknisk synspunkt bør delvise kabellægninger undgås, da det dels kan give begrænsninger af overføringskapaciteten og dels øger kompleksiteten i nettet, fx i forhold til anlægsbeskyttelse og fejllokalisering. De tekniske problemstillinger vedrørende delvise kabellægninger er dog kendte og kan håndteres i praksis, hvilket fx er gjort for Kassø-Tjele, hvor der på den ca. 170 km lange luftledning er gennemført tre delvise kabellægninger.

Det bør nævnes, at robustheden kan sikres ved en eventuel senere opgradering af delvise kabellægninger. Dette vurderes at kunne gøres både billigere og hurtigere end en tilsvarende opgradering af en fuldstændig kabelagt 400 kV-forbindelse.

I Princip V udbygges 400 kV i luften uden delvise kabellægninger.

7.2.2 132-150 kV-niveau

I forhold til en tilpasning af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen, er der i de enkelte principper foretaget de nødvendige udbygninger i forhold det anvendte forudsætningsgrundlag. Det vurderes derfor, at en eventuel annullering af hele eller dele af kabelhandlingsplanen ikke har betydning for forsyningssikkerheden eller indpasning af VE.

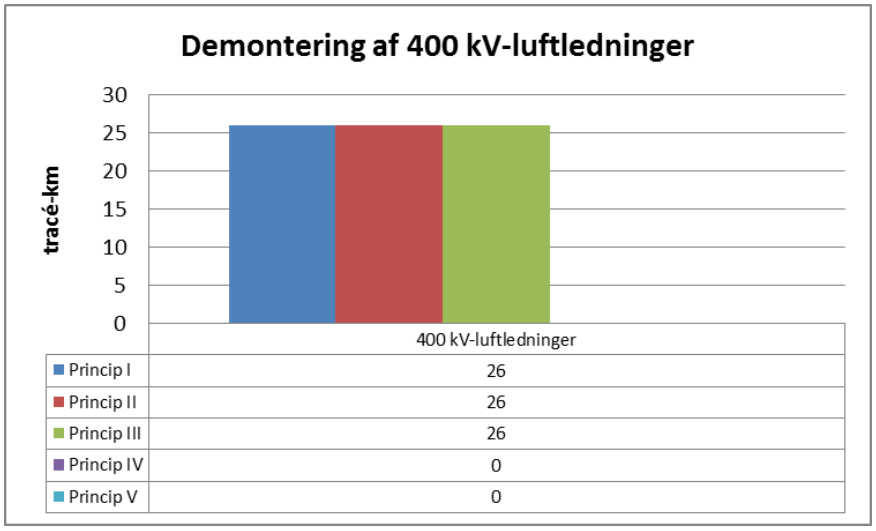
7.3 Miljøpåvirkning

I det følgende er miljøpåvirkningen for de enkelte principper vurderet først for 400 kV og efterfølgende for 132-150 kV.

7.3.1 400 kV-niveau

7.3.1.1 Demontering af eksisterende forbindelser

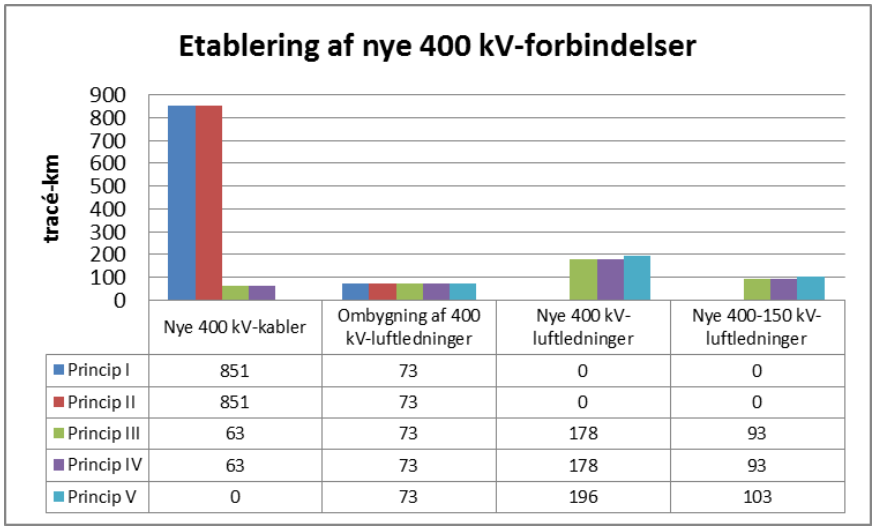
Ændringerne i det eksisterende 400 kV-net er begrænset til demontering af eksisterende 400 kV-forbindelser i forbindelse med 400 kV-forskønnelsesprojekterne som vist i Figur 32.



Figur 32 Demontering af eksisterende 400 kV-forbindelser.

7.3.1.2 Etablering af nye forbindelser

I Figur 33 er den forudsatte etablering af nye 400 kV-forbindelser vist, fordelt på henholdsvis kabler, ombygning af luftledninger, nye 400 kV-luftledninger og nye 400-150 kV-luftledninger.



Figur 33 Etablering af nye 400 kV-forbindelser.

I Princip I og II udbygges 400 kV-nettet udelukkende med kabler, med undtagelse af ombygning af 400 kV-forbindelsen Idomlund-Tjele fra et- til to-systemsluftledning. Denne ombygning er forudsat gennemført i alle principperne, da den er en del af solcelleaftalen fra 2012.

Etablering af 400 kV-kabelanlæg kan dog blive problematisk i 400 kV Vestkystopgraderingen til Tyskland, hvor der grundet et højt overføringskrav vil være behov for op til seks parallelle kabler. De mange kabler giver et meget bredt deklarationsbælte, som skal friholdes for tekniske anlæg og større beplantning. Herudover kræver det en del større kompenseringsstationer, da der for 400 kV Vestkystopgraderingen kan blive tale om opstilling af i alt 30-40 shuntreaktorer (spoleanlæg), hvilket kan give udfordringer støjmæssigt.

I Princip III og IV udbygges 400 kV-nettet i luften med kabellægning på udvalgte strækninger. Der er i opgørelsen forudsat kabellægning af 5 % af den samlede strækning. Udvælgelsen og længden af de konkrete strækninger planlægges nærmere i forbindelse med de konkrete projekter, hvor de sammen med bl.a. muligheden for kabellægninger i 132-150 kV-nettet indgår i en helhedsbetragtning af den samlede miljøpåvirkning, således at der kan skabes en fornuftig balance mellem miljøpåvirkning fra nye og eksisterende anlæg og projektets samlede økonomi.

I Princip V udbygges 400 kV-nettet udelukkende i luften. På nogle strækninger vil dette være muligt, mens det på andre strækninger ikke vurderes at kunne realiseres udelukkende med luftledninger uden nogen form for kabellægninger af eksisterende luftledninger i nærheden. Det er således ikke alle steder muligt at skabe en fornuftig balance mellem miljøpåvirkning fra nye og eksisterende anlæg.

7.3.1.3 Påvirkning af fokusområderne i natur og nær by og byvækst

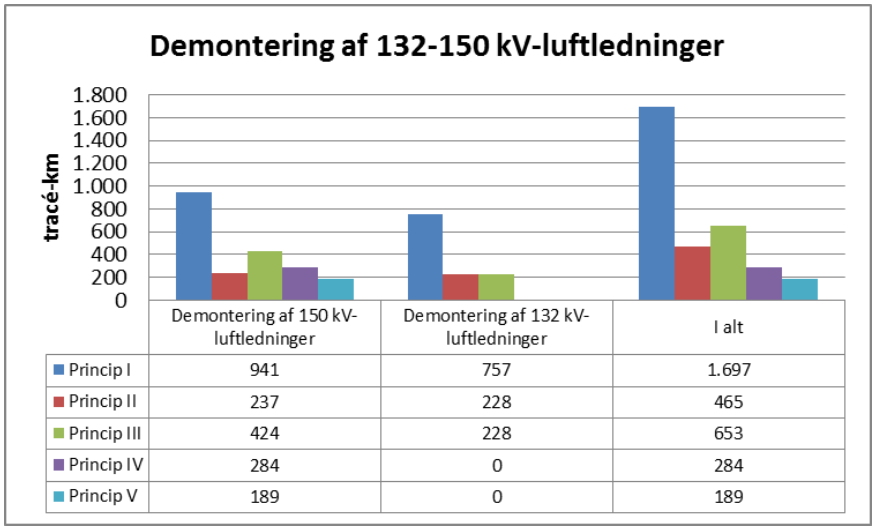
Der er ikke gennemført konkrete analyser af 400 kV-nettets påvirkning af natur og bosætningsområder, da forskellen for de eksisterende net kun udgøres af 400 kV-forskønnelsesprojekterne.

Hvad angår etablering af nye 400 kV-luftledninger fastlægges de konkrete tracéer først i forbindelse med de enkelte projekter. Som tidligere nævnt forsøges det i denne forbindelse at skabe en balance mellem miljøpåvirkning fra nye og eksisterende anlæg, bl.a. med vægt på udvalgte fokusområder, inddragelse af borgerne og myndighederne.

7.3.2 132-150 kV-niveau

7.3.2.1 Demontering af eksisterende forbindelser

I Figur 34 er den forudsatte demontering af eksisterende 132-150 kV-forbindelser vist.



	Demontering af 150 kV-luftledninger	Demontering af 132 kV-luftledninger	I alt
Princip I	941	757	1.697
Princip II	237	228	465
Princip III	424	228	653
Princip IV	284	0	284
Princip V	189	0	189

Figur 34 Demontering af eksisterende 132-150 kV-forbindelser.

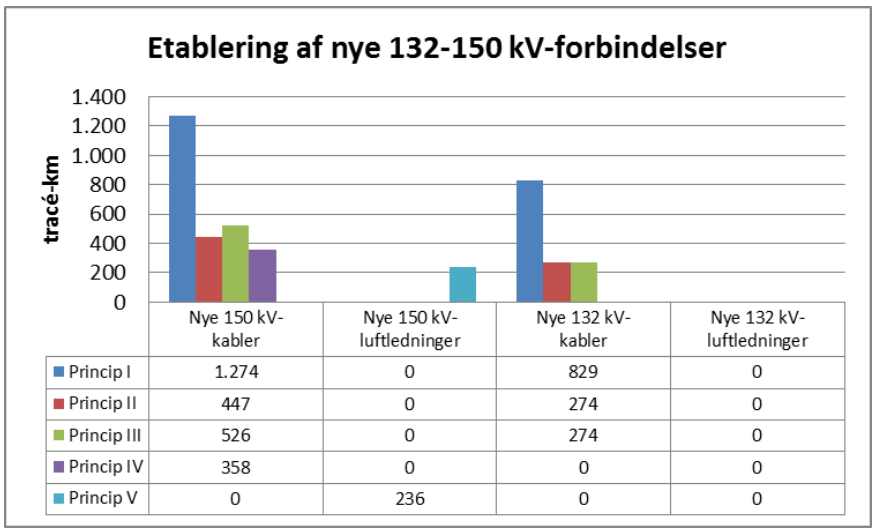
Som vist demonteres der markant flest 132-150 kV-luftledninger i Princip I, hvor kabelhandlingsplanen gennemføres i sin helhed.

I Princip I demonteres der 100 % af de tilbageværende ca. 1.700 tracé-km.
I Princip II demonteres der 27 % af de tilbageværende ca. 1.700 tracé-km.
I Princip III demonteres der 38 % af de tilbageværende ca. 1.700 tracé-km.
I Princip IV demonteres der 17 % af de tilbageværende ca. 1.700 tracé-km.
I Princip V demonteres der 11 % af de tilbageværende ca. 1.700 tracé-km.

Ses der bort fra Princip I, er det altså i Princip III der demonteres flest 132-150 kV-luftledninger. Dette skyldes kombinationen en sammentænkning med nye 400 kV-luftledninger samt de prioriterede kabellægning i natur og landskab samt by og byvækst.

7.3.2.2 Etablering af nye forbindelser

I Figur 35 er den forudsatte etablering af nye 132-150 kV-forbindelser vist, fordelt på henholdsvis kabler og luftledninger.



	Nye 150 kV-kabler	Nye 150 kV-luftledninger	Nye 132 kV-kabler	Nye 132 kV-luftledninger
Princip I	1.274	0	829	0
Princip II	447	0	274	0
Princip III	526	0	274	0
Princip IV	358	0	0	0
Princip V	0	236	0	0

Figur 35 Etablering af nye 132-150 kV-forbindelser.

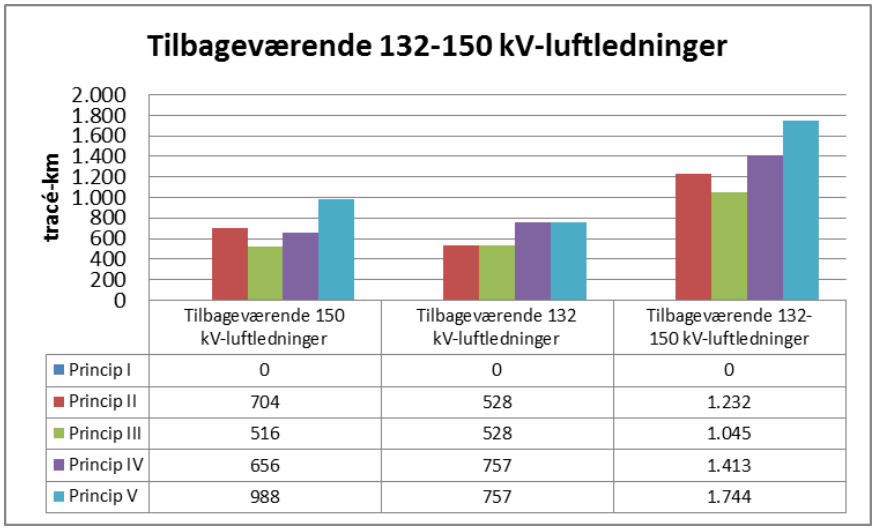
Bemærk at etablering af nye 400-150 kV-luftledninger kun er medtaget i opgørelsen for etablering af 400 kV-forbindelser, således at de ikke tæller dobbelt.

Som vist er der generelt et større investeringsbehov i 150 kV-nettet end i 132 kV-nettet uafhængig af den fremtidige håndtering af kabelhandlingsplanen. Dette skyldes dels de større geografiske afstande og dels, at VE-udbygningen i overvejende grad gennemføres i det jyske.

I Princip V kommer der ca. 236 km nye 132-150 kV-luftledninger til.

7.3.2.3 Tilbageværende 132-150 kV-luftledninger

I Figur 36 er de tilbageværende 132-150 kV-luftledninger vist for de enkelte principper.



	Tilbageværende 150 kV-luftledninger	Tilbageværende 132 kV-luftledninger	Tilbageværende 132-150 kV-luftledninger
Princip I	0	0	0
Princip II	704	528	1.232
Princip III	516	528	1.045
Princip IV	656	757	1.413
Princip V	988	757	1.744

Figur 36 Tilbageværende 132-150 kV-forbindelser.

Ved en gennemførelse af kabelhandlingsplanen i sin helhed i Princip I demonteres samtlige resterende ca. 1700 km 132-150 kV-luftledninger.

I Princip II vil der restere 73 % af 132-150 kV-luftledningerne.
I Princip III vil der restere 62 % af 132-150 kV-luftledningerne.
I Princip IV vil der restere 83 % af 132-150 kV-luftledningerne.
I Princip V vil der restere 103 % af 132-150 kV-luftledningerne, da der netto kommer 47 km til.

Som vist i *Figur 36* er der en forholdsvis ligelig fordeling af de tilbageværende luftledninger i henholdsvis Jylland-Fyn og Sjælland-Lolland-Falster.

7.3.2.4 Påvirkning af fokusområderne i natur og landskab samt by og byvækst

Der er gennemført en optælling for alle 132-150 kV-luftledninger som passerer igennem de udvalgte fokusområder.

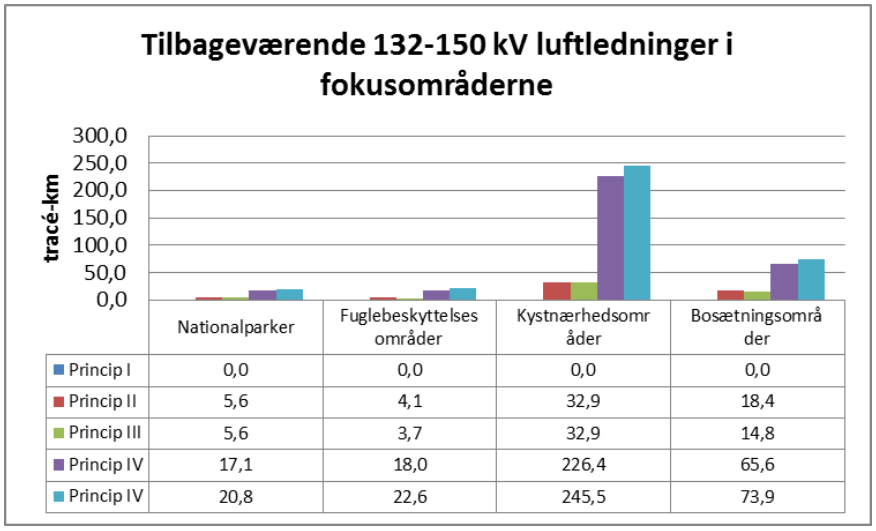
Natur og landskab er defineret som:

- Nationalparker
- Natura 2000 fuglebeskyttelsesområder
- Kystnærhedszone

Bosætningsområder er defineret ud fra følgende kommuneplantemaer:

- Boligområder,
- Rekreative områder,
- Offentlige formål og
- Blandet bolig og erhverv.

Antallet af 132-150 kV-luftledninger som passerer de udvalgte fokusområder er summeret op for de forskellige principper i Figur 37.



	Nationalparker	Fuglebeskyttelses områder	Kystnærhedsomr åder	Bosætningsområ der
Princip I	0,0	0,0	0,0	0,0
Princip II	5,6	4,1	32,9	18,4
Princip III	5,6	3,7	32,9	14,8
Princip IV	17,1	18,0	226,4	65,6
Princip IV	20,8	22,6	245,5	73,9

Figur 37 Tilbageværende 132-150 kV-luftledninger i de fire fokusområder.

I Princip I gennemføres hele 132-150 kV-kabelhandlingsplanen, hvormed alle luftledninger demonteres.

I Princip II og III prioriteres natur, men som det også fremgår, er der stadig 132-150 kV-forbindelser som passerer fokusområderne, på trods af at disse områder er prioriteret. Dette skyldes de anvendte forudsætninger og kriterier i forbindelse med udvælgelsen af de relevante strækninger, som er foreslået kabellagt. Der er en anelse færre 132-150 kV-luftledninger i fokusområderne i Princip III, hvilket skyldes, at der her nedtages ikke prioriterede strækninger i forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger.

I Princip IV nedtages der enkelte 132-150 kV-luftledninger i fokusområderne i forbindelse med etablering af nye 400 kV-luftledninger, hvilket giver en positiv effekt i forhold til Princip V.

7.3.3 Naturstyrelsens kommentarer på arbejdet

Naturstyrelsen har kommenteret på arbejdet, hvilket fremgår af bilag 2.

7.3.4 Samlet ændring i antallet af luftledninger over 100 kV

I forhold til de miljømæssige konsekvenser er luftledninger visuelt markant mere fremtrædende i landskabet end kabler i jorden. Nedenfor er ændringerne i anlægsmassen af luftledninger opsummeret fordelt på spændingsniveau.

	Ændringer af antal tracé-km luftledning				
	Princip I	Princip II	Princip III	Princip IV	Princip V
	Tracé-km	Tracé-km	Tracé-km	Tracé-km	Tracé-km
132-150 kV-luftledninger	-1.697	-465	-653	-284	47
400 kV-luftledninger	-26	-26	162	188	196
400-150 kV-luftledninger	0	0	98	98	103
I alt	**-1.723**	**-491**	**-393**	**1**	**346**

Tabel 33 Ændring af antal tracé-km luftledning med spændingsniveau over 100 kV.

Det ses, at der ved gennemførsel af 132-150 kV-kabelhandlingsplanen i Princip I vil ske en stor reduktion af det samlede luftledningsnet over 100 kV og en mindre reduktion ved gennemførsel af Princip II og III.

Som vist i Figur 1 gennemføres 400 kV-forskønnelsesprojekterne i Princip I-III 400 kV-forskønnelsesprojekterne, hvilket giver en mindre reduktion af det eksisterende 400 kV-luftledningsnet. I Princip II og III gennemføres der endvidere to kabellægningspakker i 132-150 kV-nettet for henholdsvis natur og landskab samt by og byvækst.

Kabellægningspakken for natur og landskab indeholder kabellægning af 34 udpegede strækninger i 132-150 kV-nettet, som passerer igennem følgende områder:

- Nationalparker
- Natura 2000 fuglebeskyttelsesområder
- Kystnærhedszone

Kabellægningspakken for by og byvækst indeholder kabellægning af 66 udpegede strækninger i 132-150 kV-nettet, med nærhed til følgende kommuneplantemaer:

- Boligområder
- Rekreative områder
- Offentlige formål
- Blandet bolig og erhverv

De konkrete strækninger i de to kabellægningspakker er udpeget baseret på en række kriterier og forudsat gennemført som delvise kabellægninger.

For at fremme af accepten af nye 400 kV-luftledningsanlæg, er der i Princip III og IV inkluderet en række redskaber til at begrænse den samlede landskabelige påvirkning i de berørte områder:

- Der er mulighed for at gennemføre delvise kabellægninger af de nye 400 kV-luftledninger.
- Der er mulighed for at gennemføre kabellægning og sanering af 132-150 kV-nettet i nærheden af de nye 400 kV-luftledninger, således at den samlede mængde af luftledninger over 100 kV for holdes neutral for de fire konkrete projekter, hvor dette er relevant.
- Der kan gennemføres kompenserende kabellægning i distributionsnettet i forbindelse med krydsning af eksisterende 10-60 kV-forbindelser.

Samlet set er der i Princip II og III tale om en mærkbar reduktion i antallet af luftledninger over 100 kV, mens princip IV stort set er neutral. Det er kun ved princip V, at der vil være tale om en egentlig stigning af det samlede luftledningsnet over 100 kV. Det bør dog bemærkes, at der i Princip III-V sker en forøgelse af luftledningsnettet på 400 kV-niveau med ca. 25-30 %.

Indregnes nedtagningen af de ca. 700 tracé-km gennemførte og igangsatte dele af kabelhandlingsplanen og forskønnelsesprojekterne – det vil sige, hvis man sammenligner med startsituationen i 2008 – kan der ses en reduktion på mindst 25 % af den samlede mængde luftledninger over 100 kV uanset, hvilket af principperne I-IV der vælges. I Princip V vil reduktionen være under 10 %.

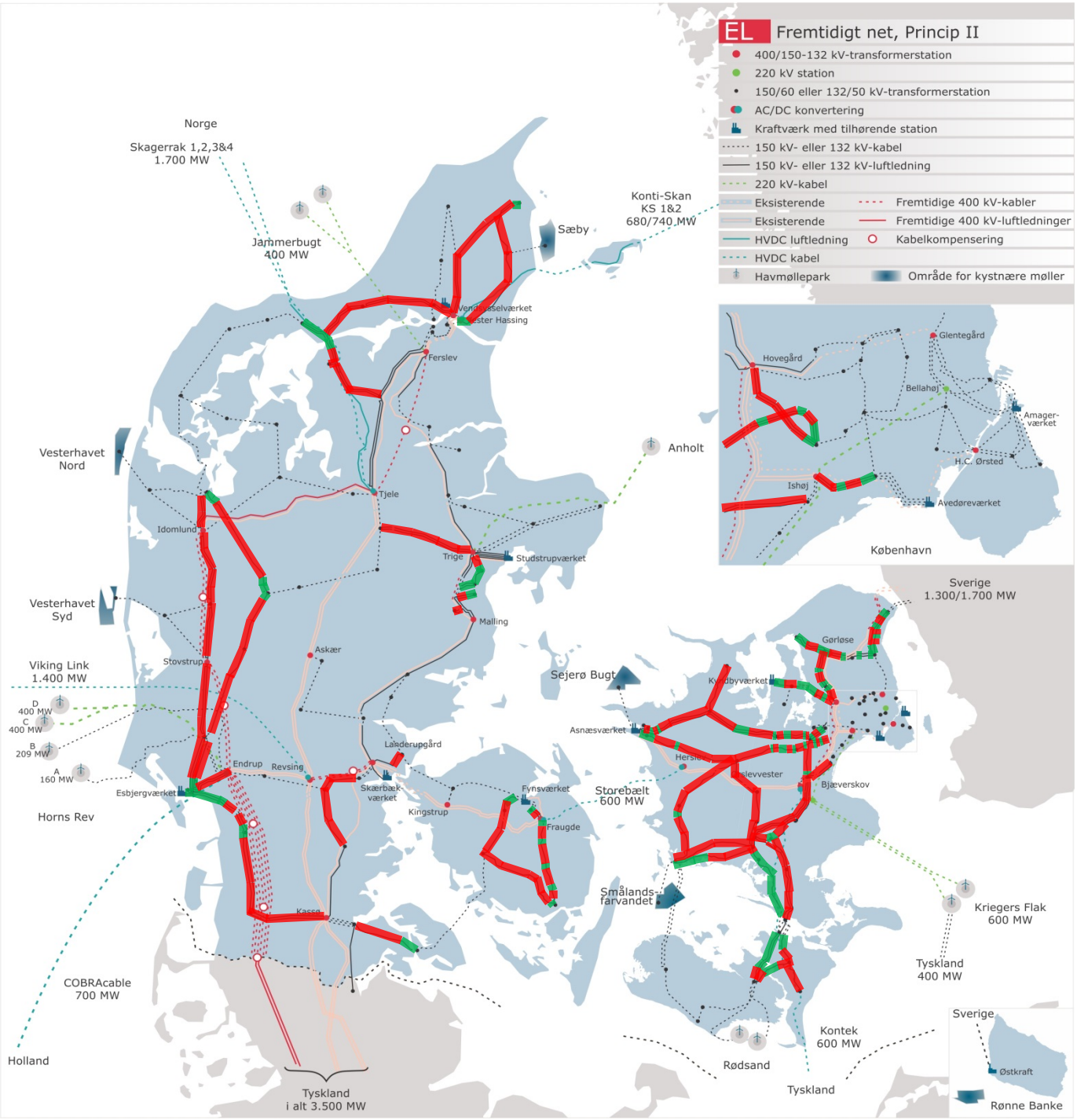
Etablering af 400 kV-kabelanlæg kan dog blive problematisk i 400 kV Vestkystopgraderingen til Tyskland, hvor der er forudsat seks parallelle kabelanlæg. De mange kabler giver et meget bredt deklarationsbælte, som skal friholdes for tekniske anlæg og større beplantning. Herudover kræver det en del større kompenseringsstationer, som desuden kan give udfordring både støjmæssigt og landskabeligt. Kabellægning af nye 400 kV-forbindelser som i Princip I og II er altså ikke problemfrit og uden gener, og kræver dermed også dialog og inddragelse af berørte borgere.

Som tidligere nævnt indgår der besparelsespotentialet for 132-150 kV kabelhandlingsplanen to bynære kabellægningsprojekter[12], som er godkendt i Energinet.dk's bestyrelse. Disse to projekter indgår som prioriterede strækninger i kabellægningspakken for by og byvækst, og vil altså blive gennemført i Princip II og III. En annullering af de to projekter kan give lokal modstand og en troværdigheds- og kommunikationsmæssig udfordring i forhold til, hvad der er udmeldt på Energinet.dk's hjemmeside.

[12] Esbjerg partiel
Næstved partiel

7.3.4.1 Princip II – Luftledninger over 100 kV

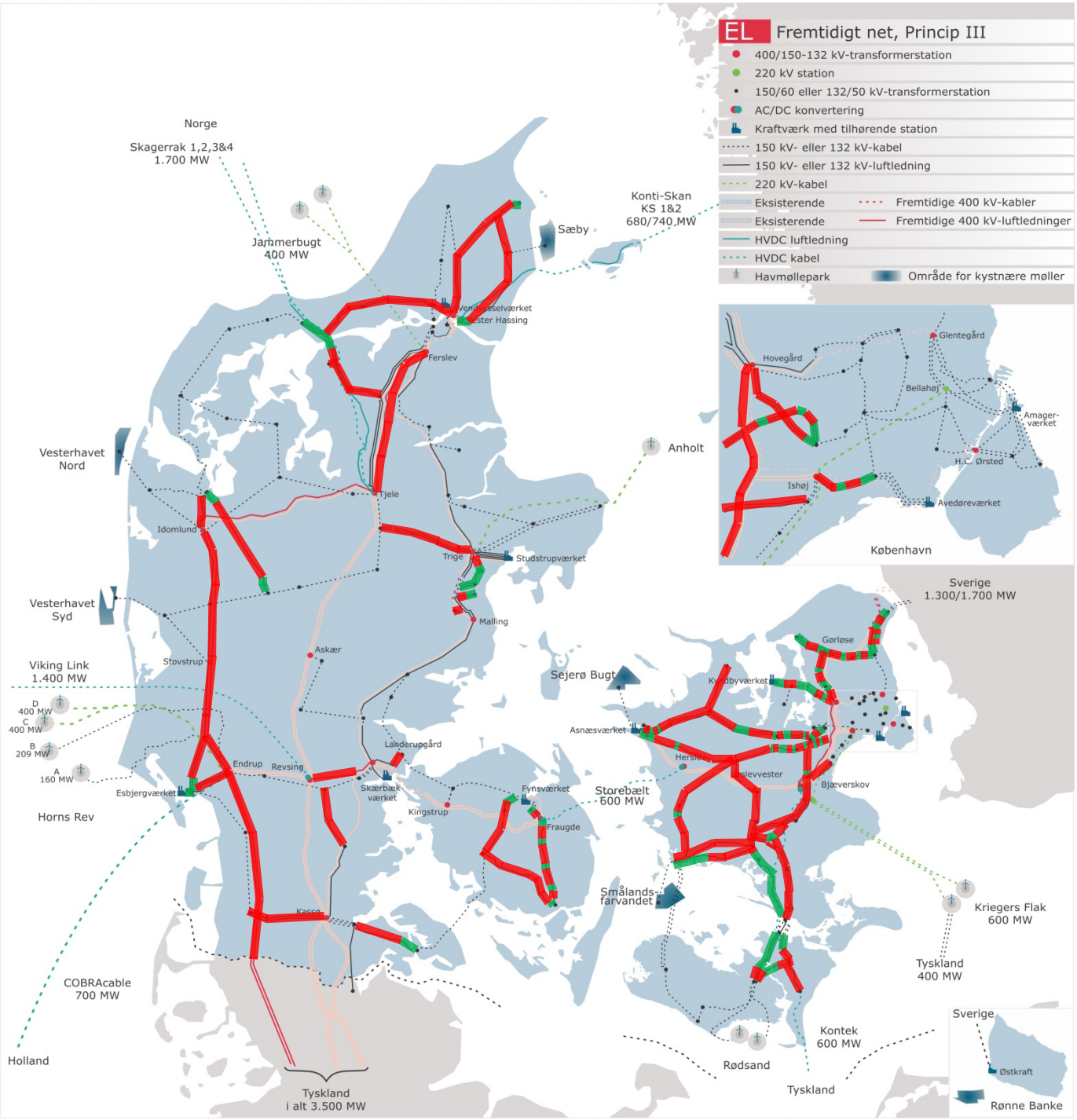
Som vist i Tabel 33 er der i Princip II ca. 1.200 tracé-km flere luftledninger over 100 kV end i Princip I. Forskellen er forsøgt illustreret i Figur 38, hvor luftledningerne er markeret med rød.



Figur 38 Princip II – Forskel i luftledningsmængden med Princip I som reference. Strækninger som i dette princip vil være i luften er markeret med rød. Såfremt der gennemføres delvise kabellægninger på luftledningerne er disse indikativt markeret med grøn. De eksakte strækninger der kabellægges delvist bestemmes endeligt i forbindelse med detailplanlægningen.

7.3.4.2 Princip III – Luftledninger over 100 kV

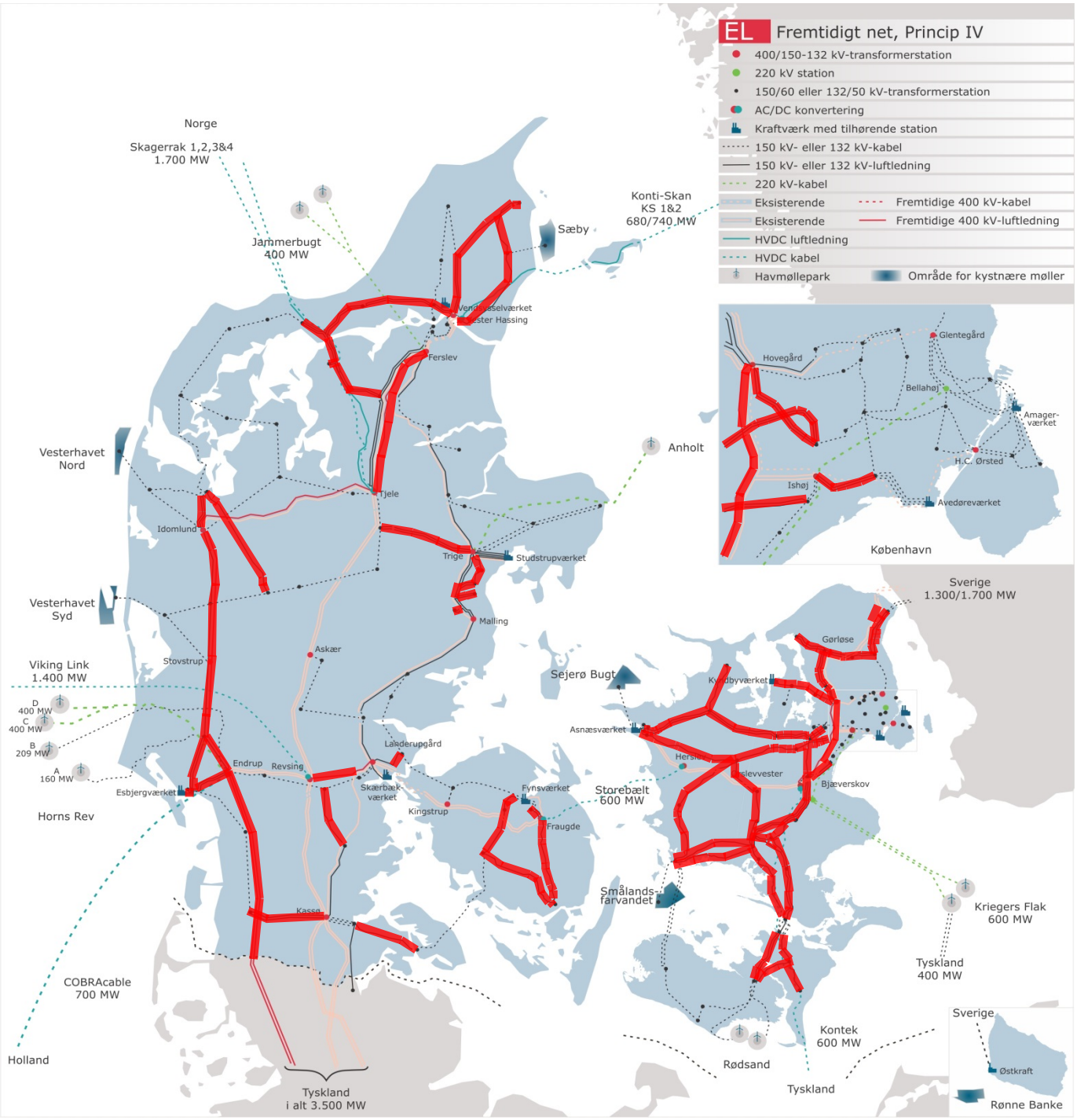
Som vist i Tabel 33 er der i Princip III ca. 1.300 tracé-km flere luftledninger over 100 kV end i Princip I. Forskellen er forsøgt illustreret i Figur 39, hvor luftledningerne er markeret med rød.



Figur 39 Princip III – Forskel i luftledningsmængden med Princip I som reference. Strækninger som i dette princip vil være i luften er markeret med rød. Såfremt der gennemføres delvise kabellægninger på luftledningerne er disse indikativt markeret med grøn. De eksakte strækninger der kabellægges delvist bestemmes endeligt i forbindelse med detailplanlægningen.

7.3.4.3 Princip IV – Luftledninger over 100 kV

Som vist i Tabel 33 er der i Princip IV ca. 1.700 tracé-km flere luftledninger over 100 kV end i Princip I. Forskellen er forsøgt illustreret i Figur 40, hvor luftledningerne er markeret med rød.



Figur 40 Princip IV – Forskel i luftledningsmængden med Princip I som reference. Strækninger som i dette princip vil være i luften er markeret med rød. Såfremt der gennemføres delvise kabellægninger på luftledningerne er disse indikativt markeret med grøn. De eksakte strækninger der kabellægges delvist bestemmes endeligt i forbindelse med detailplanlægningen.

7.3.4.4 Princip V – Luftledninger over 100 kV

Som vist i Tabel 33 er der i Princip V ca. 2.100 tracé-km flere luftledninger over 100 kV end i Princip I. Forskellen er forsøgt illustreret i Figur 40, hvor luftledningerne er markeret med rød.

Figur 41 Princip V – Forskel i luftledningsmængden med Princip I som reference. Strækninger som i dette princip vil være i luften er markeret med rød. Såfremt der gennemføres delvise kabellægninger på luftledningerne er disse indikativt markeret med grøn. De eksakte strækninger der kabellægges delvist bestemmes endeligt i forbindelse med detailplanlægningen.

7.4 Opsummering af økonomiske, tekniske og miljømæssige konsekvenser

Nedenfor er det foretaget en overordnet opsummering af henholdsvis de økonomiske, tekniske og miljømæssige udfordringer for de enkelte principper.

<table>
<tr><th></th><th>Princip I</th><th>Princip II</th><th>Princip III</th><th>Princip IV</th><th>Princip V</th></tr>
<tr><td>Økonomiske udfordringer</td><td colspan="2">De høje omkostninger til 400 kV-kabellægninger kan betyde, at potentielle samarbejdsforbindelser bliver svære at realisere.</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>Tekniske udfordringer</td><td colspan="2">De mange og lange 400 kV-kabelstrækninger er kompleks og ikke-afprøvet.

Der vil være behov for yderligere afklaring af en del tekniske forhold for at sikre pålideligheden af de tekniske løsninger.</td><td colspan="2">Antallet af delvise 400 kV-kabellægninger bør begrænses af hensyn til begrænsninger og kompleksitet, fx anlægsbeskyttelse og fejllokalisering.</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Miljømæssige udfordringer</td><td colspan="2">Begrænset modstand mod etablering af 400 kV-kabelanlæg i forhold til tilsvarende luftledninger pga. begrænset landskabspåvirkning.

Der kan dog forventes lokal modstand ved brede deklarationsbælter og ved etablering af større kompenserings-stationer både med hensyn til støj og visuelle forhold.</td><td colspan="2">Stor modstand mod etablering af nye 400 kV-luftledninger pga. landskabspåvirkning og nærhed til boliger. Modstanden kan føre til meget lang sagsbehandlingstid.

Modstanden imødekommes delvist ved at:
- Gennemføre delvise kabellægninger af de nye 400 kV-luftledninger
- Gennemføre kabellægning af 132-150 kV-nettet i nærheden af de nye 400 kV-luftledninger
- Gennemføre kompenserende kabellægning i distributionsnettet</td><td>Stor modstand mod etablering af nye luftledninger pga. landskabspåvirkning og nærhed til bebyggelse. Modstanden kan føre til meget lang sagsbehandlingstid.</td></tr>
<tr><td></td><td>Modstand ved tilpasning af 132-150 kV-kabellægning de steder, hvor luftledninger ikke nedtages.

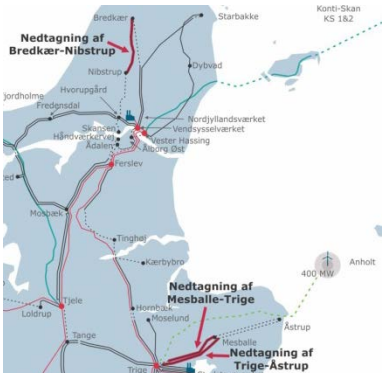
Modstanden begrænses som følge af de prioriterede kabellægninger i natur og landskab samt nær by og byvækst.</td><td colspan="2">Modstand ved annullering af 132-150 kV-kabellægning de steder, hvor luftledninger ikke nedtages.</td></tr>
</table>

8. Annullering af allerede godkendte investeringer

Der er gennemført en screening af Energinet.dk godkendte og igangværende 132-150 kV-kabelhandlingsplansprojekter.

Denne screening har peget på, at en mulig udskydelse af to konkrete projekter ikke vil have nogen større konsekvenser for forsyningssikkerheden, VE-integrationen eller gennemførelse af øvrige projekter:

- Bredkær-Nibstrup
- Mesballe-Trige (inkl. Trige-Åstrup)



Figur 42 Mulig udskydelse af projekterne Bredkær-Nibstrup og Mesballe-Trige

8.1 Økonomi

Omkostningerne ved gennemførelse henholdsvis annullering af de to projekter er vist i Tabel 34.

	Investering - Fast pris		Gennemsnitlig tarifvirkning 2015-2040 - Fast pris	
	BDK-NSP og MES-TRI gennemføres	BDK-NSP og MES-TRI annulleres	BDK-NSP og MES-TRI gennemføres	BDK-NSP og MES-TRI annulleres
	mio. kr.	mio. kr.	øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	285	0	0,02	0,00
132-150 kV reinvestering luftledninger	0	89	0,00	0,01
132-150 kV reetablering af kabler	16	0	0,00	0,00
132-150 kV i alt	**301**	**89**	**0,02**	**0,01**

Tabel 34 Investering og tarifvirkning i 2014-priser ved henholdsvis gennemførelse og annullering af de to projekter.

Med reference i gennemførelse er der mulighed for følgende besparelser

	Besparelsespotentiale - Fast pris		Gennemsnitlig tarifbesparelse 2015-2040 - Fast pris	
	BDK-NSP og MES-TRI gennemføres	BDK-NSP og MES-TRI annulleres	BDK-NSP og MES-TRI gennemføres	BDK-NSP og MES-TRI annulleres
	mio. kr.	mio. kr.	øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	0	285	0,00	0,02
132-150 kV reinvestering luftledninger	0	-89	0,00	-0,01
132-150 kV reetablering af kabler	0	16	0,00	0,00
132-150 kV i alt	**0**	**213**	**0,00**	**0,01**

Tabel 35 Besparelsespotentiale og gennemsnitlig tarifbesparelse i 2014-priser ved henholdsvis gennemførelse og annullering af de to projekter.

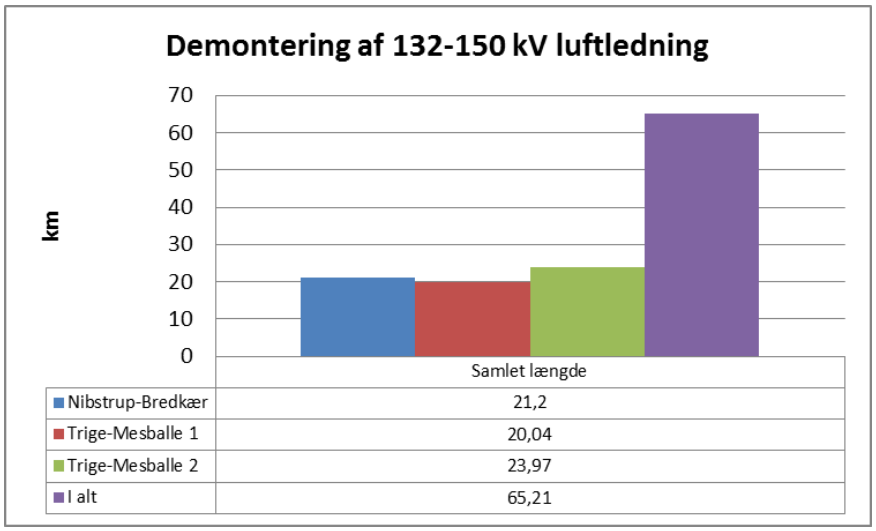
Der kan altså spares ca. 213 mio. kr. ved at annullere ovenstående projekter.

8.2 Teknik

Det vurderes teknisk muligt at annullere kabellægningerne og i stedet gennemføre en omfattende reinvestering i luftledningerne. Af hensyn til opretholdelse af forsyningssikkerheden og gennemførelse af reinvesteringsprojekter vurderes det nødvendigt med en endelig beslutning senest marts 2016, således at der rettidigt kan gennemføres reinvesteringer i luftledninger.

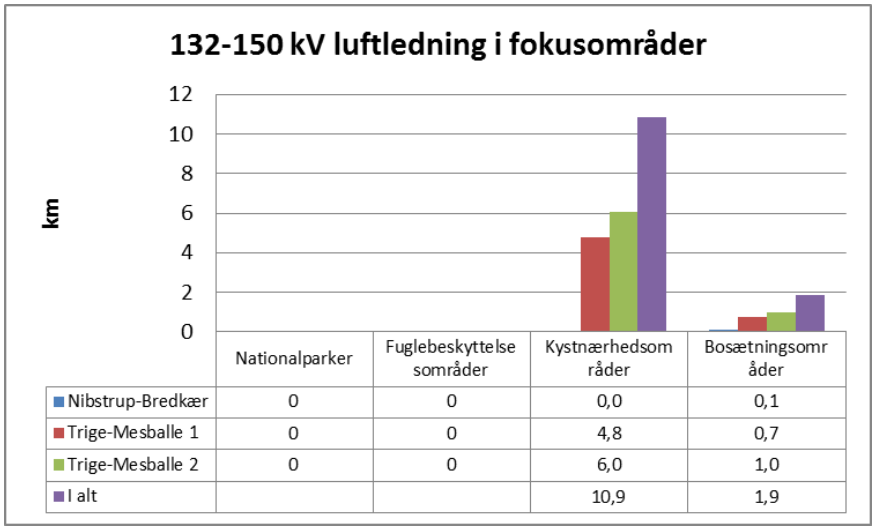
8.3 Miljøpåvirkning

I Figur 43 er den samlede længde af luftledningerne i de to projekter vist.



Figur 43 Demontering af eksisterende 132-150 kV-forbindelser i de to projekter.

Summen af 132-150 kV-luftledninger som passerer de udvalgte fokusområder er vist i Figur 44.



Figur 44 Demontering af eksisterende 132-150 kV-forbindelser i de fire fokusområder.

De to projekter er godkendt i Energinet.dk's bestyrelse. En annullering af projekterne kan give en troværdigheds- og kommunikationsmæssig udfordring i forhold til, hvad der er udmeldt på Energinet.dk's hjemmeside.

9. Konklusion

9.1 Tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne

De fem præsenterede principper indeholder modeller for tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne og spænder fra gennemførelse til annullering af alle projekter, hvor det samlede besparelsespotentiale er op til ca. 6,8 mia. kr. Det vurderes dog, at det vil give stor modstand fra borgere og øvrige interessenter, hvis der foretages en fuldstændig annullering af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne (Princip IV og V).

I Princip II og III gennemføres de resterende 400 kV-forskønnelsesprojekter, hvilket reducerer besparelsespotentialet med ca. 0,5 mia. kr.

For at reducere modstanden mod en tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne gennemføres der i Princip II og III kabellægning af en række strækninger i henholdsvis natur og landskab samt nær by og byvækst. Hvis et af disse principper vælges, bliver besparelsespotentialet reduceret med ca. 2,5 mia. kr. De præsenterede kabellægningspakker peger på en række udvalgte 132-150 kV-luftledningsstrækninger, som er udpeget ud fra en række objektive kriterier i forhold til nærhed til natur og bosætningsområder på baggrund af en screening af det eksisterende 132-150 kV-net.

De to 132-150 kV-kabellægningspakker omfatter i alt 100 delstrækninger med en samlet længde på 368 km, som er forudsat gennemført med delvise kabellægninger. I forbindelse med en eventuel udmøntning af kabellægningspakkerne, skal der gennemføres en egentlig detailplanlægning af de konkrete strækninger. Herunder skal placering af kabeltracéer og kabelovergangsstationer udpeges, ligesom det kan vise sig både teknisk og økonomisk fordelagtigt at kombinere flere delvise kabellægninger og foretage kabellægninger over en længere strækning, så der opnås længere, sammenhængende strækninger med kabler.

De enkelte 132-150 kV-kabellægningspakker og 400 kV-forskønnelsesprojekter kan tilvælges og kombineres efter ønske, ligesom omfanget kan tilpasses ved at justere på de kriterier, der er anvendt til at udpege, hvilke konkrete luftledningsstrækninger der kabellægges. Der kan dog alt andet lige nedtages forholdsmæssig flere tracé-km luftledning på 132-150 kV-niveau end på 400 kV-niveau, grundet de lavere omkostninger.

Såfremt hele eller dele af de præsenterede forskønnelses- og kabellægningspakker i Princip II og III ønskes gennemført, vil Energinet.dk løbende redegøre for prioriteringen og eventuelle justeringer af de udpegede strækninger i sin Netudviklingsplan.

9.2 Principper for den fremtidige udbygning af elinfrastrukturen

Den stigende mængde vedvarende energi og etableringen af samarbejdsforbindelser, der skal sikre tilgængeligheden af energi mellem naboområder, øger behovet for udbygning af det interne transmissionsnet, hvilket af hensyn til tekniske og tabsmæssige forhold bør gennemføres i 400 kV-vekselstrømsnettet.

Det skal bemærkes, at reduktionen i investeringsomfanget inden for 400 kV-forskønnelsesprojekter og 132-150 kV-kabelhandlingsplan omfatter investeringer, der følger af planerne, som havde bred politisk opbakning. Investeringerne i udbygning af 132-150-400 kV-nettet omfatter de forudsatte mulige udbygninger af hensyn til forsyning, integration af VE og markedsskabelse, som ikke er politisk besluttede.

De økonomiske vurderinger viser, at det med de forudsatte udbygninger vil være ca. 4,2-5,5 mia. kr. billigere at gennemføre udbygninger af 400 kV-net med luftledninger frem for med kabler i jorden (Princip III-V). Det skal bemærkes, at reduktionen bygger på en række forudsatte mulige udbygninger af hensyn til forsyning, integration af VE og markedsskabelse, som ikke er politisk besluttede. Ud over at være billigere giver udbygning med 400 kV-luftledninger et teknisk bedre net, som er mindre komplekst, mere tabseffektivt og ikke mindst robust over for afvigelser i forudsætningerne.

Med baggrund i de økonomiske og tekniske analyser, vurderer Energinet.dk specifikt, at der vil være store tekniske/samfundsøkonomiske fordele ved potentielt at etablere følgende strækninger som 400 kV-luftledninger:

- 400 kV Vestkystopgraderingen (Esbjerg-grænse mod Tyskland)
- 400 kV Endrup-Idomlund (Esbjerg-Holstebro)
- 400 kV Landerupgård-Revsing (Kolding-Vejen)

Det kan tilføjes, at det som følge af Solcelleaftalen 15. november 2012, er forudsat, at der kan etableres et ekstra system på Idomlund-Tjele (Holstebro-Viborg) ved ombygning af den eksisterende masterække.

En endelig stillingtagen til de konkrete projekter kræver i lighed med de øvrige udbygninger godkendelse hos relevante myndigheder.

Etablering af nye 400 kV-forbindelser som rene luftledninger (Princip V) vurderes at give meget stor modstand på grund af landskabspåvirkning og nærhed til bebyggelse. Særlig vanskelig bliver det ved en samtidig fuldstændig annullering af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

For at fremme af accepten af nye 400 kV-luftledningsanlæg blandt borgere og lodsejere er der i Princip III og IV inkluderet en række redskaber, til at begrænse den samlede landskabelige påvirkning i de berørte områder:

- Der er mulighed for at gennemføre delvise kabellægninger af de nye 400 kV-luftledninger.
- Der er mulighed for at gennemføre kabellægning og sanering af 132-150 kV-nettet i nærheden af de nye 400 kV-luftledninger, således at den samlede mængde af luftledninger over 100 kV for holdes neutral for de fire konkrete projekter.
- Der kan gennemføres kompenserende kabellægning i distributionsnettet i forbindelse med krydsning af eksisterende 10-60 kV-forbindelser.

Ved etablering af ovenstående 400 kV-luftledninger er det endvidere vigtigt at inddrage borgerne i forbindelse med designvalg og linjeføring, ligesom erfaringen viser, at det ved god planlægning er muligt at reducere antallet af berørte boliger tæt ved luftledningsanlæg og samtidig friholde områder med store rekreative og naturmæssige interesser.

Bilag 1 – Kommissorium for tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne

På de følgende sider er kommissoriet for arbejdet vist.

NOTAT 21. august 2015

UDKAST – Kommissorium for tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne

Baggrund
Den tidligere regering har i sit vækstudspil fra maj 2015 lagt op til en tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne. Energinet.dk gennemfører investeringer i el-infrastrukturen, som finansieres af elforbrugerne. En del af investeringerne stammer fra kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne, der blev vedtaget i 2008. De samlede investeringer i kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne beløber sig til 14,5 mia. kr. (2009-priser). Det vurderes p.t., at en fuldstændig bortprioritering af ikke-igangsatte investeringer i kabellægningsprojekter og en annullering af forskønnelsesprojekterne vil reducere investeringsomfanget med 6,3 mia. kr. frem til 2030.

På den baggrund nedsættes en hurtigt arbejdende embedsmandsgruppe, som skal foretage en analyse af en tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne med henblik på at reducere investeringsomfanget.

Formål med analysen
Der skal afdækkes scenarier og udarbejdes et grundlag for en fokuseret kabelhandlings- og forskønnelsesplan for det eksisterende net med henblik på at identificere, om – og i givet fald - hvilke investeringer, der hensigtsmæssigt kan annulleres. Afdækningen skal tage hensyn til investeringernes betydning for forsyningssikkerhed, indpasning af VE mv., ligesom nødvendige og godkendte investeringer skal identificeres og eventuelt fastholdes.

Analysens hovedelementer
Analysen skal indeholde følgende hovedelementer:

1) Redegørelse for forudsætninger og samlet udbygningsbehov
Der skal udarbejdes en teknisk redegørelse, der beskriver og kvantificerer det samlede udbygningsbehov samt de opgaver, som elinfrastrukturen skal løse med hensyn til indpasning af vedvarende energi og decentral elproduktion samt opretholdelse af forsyningssikkerheden, herunder relevant inddragelse af udlandsforbindelser.

2) Modeller for fokuseret kabellægning
Redegørelsen skal indeholde en analyse af den forventede fremtidige netstruktur og på den baggrund opstilles modeller for en fokusering af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne og principper for fremtidig netudbygning.

3) Vurdering af konsekvenser
Redegørelsen skal afdække investeringsmæssige, omkostningsmæssige og samfundsøkonomiske konsekvenser forbundet med modellerne for tilpasninger af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne, herunder miljømæssige/landskabsmæssige, planlægningsmæssige og tekniske udfordringer. Ligeledes skal der indgå en vurdering af konsekvenserne for elprisen, forbruger- og erhvervsøkonomi samt BNP-vækst. På baggrund heraf udarbejdes beslutningsoplæg om tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

Analysens forudsætninger
Hovedprincipperne for analysen er: sikring af energifaglig og systemmæssig hensigtsmæssig netplanlægning og udvikling af infrastrukturen, hensyn til forsyningssikkerhed, markedsudbygning og integration af vedvarende energi, svarende til regeringens eksisterende energipolitiske målsætninger samt for samspillet med udlandet. Som reference kan eventuelt anvendes Energinet.dk's Netudviklingsplan 2015 baseret på de nuværende principper for udbygning af el-infrastrukturen, idet dette dog afdækkes indledningsvist

Organisering og proces
Udvalget sammensættes af repræsentanter fra følgende institutioner:

Energi- Forsynings- og Klimaministeriet
Energistyrelsen (formand)
Finansministeriet
Energinet.dk

Udvalget betjenes af Energistyrelsen og Energinet.dk.

Udvalget kan undervejs i arbejdet sikre inddragelse af viden og synspunkter fra relevante eksterne interessenter, herunder f.eks. Miljø- og Fødevareministeriet og KL.
Økonomiudvalget forelægges et beslutningsoplæg for en tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne og principper for den fremtidige udbygning af el-infrastrukturen senest i december 2015. Fastsættelsen af principper må ikke forsinke udarbejdelsen af beslutningsgrundlag for en tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplanerne.

Bilag 2 – Naturstyrelsens kommentarer

På de følgende sider er naturstyrelsens kommentarer til arbejdet vist.

Miljø- og Fødevareministeriet
Naturstyrelsen

Energistyrelsen
Att. Hanne Christensen

Det åbne land
J.nr. NST-401-01642
Ref. mhe
Den 13. november 2015

Vedr. tilpasning af kabelhandlings- og forskønnelsesplaner for eltransmissionsnettet i Danmark

Naturstyrelsen har den 10. november 2015 modtaget et udkast til analysen "Vurdering af nye principper for etablering, kabellægning og sanering af eltransmissionsnettet". Udkastet er ikke færdigudarbejdet, men Energistyrelsen har anmodet om eventuelle bemærkninger senest den 13. november 2015.

Analysen er en revision af de principper for den fremtidige udbygning af det overordnede eltransmissionsnet i Danmark, som blev vedtaget i 2008. Et af principperne er bl.a., at alle eksisterende 132-150 kV luftledninger over en længere årrække skal nedgraves. I 2008 fandtes ca. 3.000 km luftledninger af denne type.

Analysen undersøger bl.a. 5 udbygningsprincipper – fra udpræget grad af kabellægning af såvel nye ledninger som eksisterende luftledninger (princip 1) til fastholdelse af eksisterende luftledninger og nye ledninger som luftledninger (princip 5).

Flg. tre natur- og landskabsområder er i analysen prioriteret som de vigtigste ift. at opretholde og genskabe uforstyrrede områder: kystlandskaber (i udgangspunktet 3 km fra kysten), nationalparker og EF-fuglebeskyttelsesområder.

Naturstyrelsen har flg. overordnede kommentarer til Energistyrelsens overvejelser i det videre arbejde:

- De ovenfor tre nævnte natur- og landskabsområder er vigtige, og luftledninger i disse områder bør undgås,
- I flg. områdetyper bør luftledninger endvidere så vidt muligt undgås, ligesom det i nogle tilfælde vil kræve særskilt tilladelse at etablere ledninger i disse områder:
  - bevaringsværdige landskaber,
  - fredede områder,
  - større sammenhængende naturområder beskyttet iht. naturbeskyttelseslovens § 3, som indgår i kommunernes udpegning af særlige naturbeskyttelsesområder i kommuneplanerne,
  - habitatområder, og
  - skovarealer,
- Nedgravning af ledninger (nye såvel som eksisterende) i byområder bør ikke prioriteres højere end i det åbne land,

Naturstyrelsen • Haraldsgade 53 • 2100 København Ø
Tlf. 72 54 30 00 • Fax 39 27 98 99 • CVR 33157274 • EAN 5798000873100 • nst@nst.dk • www.nst.dk

- Nedgravning af eksisterende 132-150 kV luftledninger bør prioriteres højere end nedgravning af eksisterende 400 kV luftledninger. På grund af prisforskellen på kabellægning af de to typer ledninger vil dette– alt andet lige – betyde, at flere strækninger kan blive kabellagt, sådan at færre natur- og landskabsområder påvirkes, og
- Det lægges til grund, at strækningerne i rapporten "Forskønnelse af 400 kV-nettet", der blev udvalgt pga. høje miljøvurderinger og derfor forudsat kabellagt, fortsat er gældende, herunder især lokalitet nr. 18, Roskilde Fjord, der er fuglebeskyttelsesområde, og hvor Folketinget har truffet beslutning om en ny fjordforbindelse.

Herudover bemærkes, at alle linjeføringer på Naturstyrelsens arealer skal ske efter gæsteprincippet.

Med venlig hilsen
Morten Heinemann
72 54 47 03
mhe@nst.dk

Bilag 3 – Investeringsomfang

9.2.1.1 400 kV-forstærkninger

I Princip I og II gennemføres der en række 400 kV-forstærkninger af hensyn til indpasning af VE og nye samarbejdsforbindelser. Udbygningerne foretages med kabler:

Princip I-II	Investering				Tarifpåvirkning	
400 kV-forstærkninger	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2010-2040	2010-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
400 kV kabelanlæg	7.050	7.968	4.895		0,43	0,56
400 kV luftledninger	189	209	138		0,01	0,02
400 kV forskønnelsesprojekter	0	0	0		0,00	0,00
400 kV stationer og transformere	1.417	1.597	991		0,09	0,11
400 kV reetablering af kabler	407	460	283		0,03	0,04
400 kV i alt	**9.064**	**10.235**	**6.307**		**0,55**	**0,72**

I Princip III og IV gennemføres der en række 400 kV-forstærkninger af hensyn til indpasning af VE og nye samarbejdsforbindelser. Udbygningerne foretages med luftledninger med kabler på udvalgte strækninger:

Princip III-IV	Investering				Tarifpåvirkning	
400 kV-forstærkninger	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2010-2040	2010-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
400 kV kabelanlæg	481	546	331		0,03	0,04
400 kV luftledninger	3.130	3.549	2.161		0,19	0,25
400 kV forskønnelsesprojekter	0	0	0		0,00	0,00
400 kV stationer og transformere	1.169	1.316	820		0,07	0,09
400 kV reetablering af kabler	28	32	19		0,00	0,00
400 kV i alt	**4.808**	**5.443**	**3.331**		**0,29**	**0,38**

I Princip V gennemføres der en række 400 kV-forstærkninger af hensyn til indpasning af VE og nye samarbejdsforbindelser. Udbygningerne foretages med luftledninger:

Princip V	Investering				Tarifpåvirkning	
400 kV-forstærkninger	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2010-2040	2010-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
400 kV kabelanlæg	0	0	0		0,00	0,00
400 kV luftledninger	3.266	3.704	2.253		0,20	0,26
400 kV forskønnelsesprojekter	0	0	0		0,00	0,00
400 kV stationer og transformere	969	1.088	683		0,06	0,08
400 kV reetablering af kabler	0	0	0		0,00	0,00
400 kV i alt	**4.235**	**4.792**	**2.936**		**0,25**	**0,33**

9.2.1.2 400 kV-forskønnelsesprojekter

I Princip I og II gennemføres de resterende 400 kV-forskønnelsesprojekter:

Princip I-II	Investering				Tarifpåvirkning	
400 kV-forskønnelsesprojekter	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
400 kV kabelanlæg	0	0	0		0,00	0,00
400 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
400 kV forskønnelsesprojekter	687	780	471		0,05	0,06
400 kV stationer og transformere	0	0	0		0,00	0,00
400 kV reetablering af kabler	0	0	0		0,00	0,00
400 kV i alt	**687**	**780**	**471**		**0,05**	**0,06**

I Princip III, IV og V gennemføres der reinvesteringer i de luftledninger, som ellers ville være blevet nedtaget som følge af 400 kV-forskønnelsesprojekterne:

Princip III-V	Investering				Tarifpåvirkning	
400 kV-forskønnelsesprojekter	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
400 kV kabelanlæg	0	0	0		0,00	0,00
400 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
400 kV forskønnelsesprojekter	200	229	135		0,01	0,02
400 kV stationer og transformere	0	0	0		0,00	0,00
400 kV reetablering af kabler	0	0	0		0,00	0,00
400 kV i alt	**200**	**229**	**135**		**0,01**	**0,02**

9.2.1.3 132-150 kV-forstærkning

I Princip I og II gennemføres der en række forstærkninger i 132-150 kV-nettet, som vurderes nødvendige af hensyn til forsyning af forbrugere og indpasning af VE:

Princip I-II	Investering				Tarifpåvirkning	
132-150 kV-forstærkninger	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	1.202	1.369	831		0,09	0,11
132-150 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - natur	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - by	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kompenserende kabellæg-ning	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV stationer og transformere	302	355	195		0,02	0,03
132-150 kV reinvestering luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV nedtagning af luftledninger	7	8	5		0,00	0,00
132-150 kV reetablering af kabler	69	79	48		0,01	0,01
132-150 kV i alt	**1.581**	**1.812**	**1.078**		**0,11**	**0,15**

I Princip III og IV gennemføres der en række forstærkninger i 132-150 kV-nettet, som vurderes nødvendige af hensyn til forsyning af forbrugere og indpasning af VE. Forstærkningsbehovet er en anelse lavere end for Princip I og II, da der medfølger en række 150 kV-forstærkninger i forbindelse med etablering af 400-150 kV-kombiledningen Endrup-Idomlund:

Princip III-IV	Investering				Tarifpåvirkning	
132-150 kV-forstærkninger	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	1.043	1.189	718		0,07	0,10
132-150 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - natur	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - by	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kompenserende kabellæg-ning	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV stationer og transformere	237	283	149		0,01	0,02
132-150 kV reinvestering luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV nedtagning af luftledninger	7	8	5		0,00	0,00
132-150 kV reetablering af kabler	60	69	42		0,00	0,01
132-150 kV i alt	**1.348**	**1.550**	**914**		**0,09**	**0,12**

I Princip V gennemføres der en række forstærkninger i 132-150 kV-nettet, som vurderes nødvendige af hensyn til forsyning af forbrugere og indpasning af VE. Udbygningerne foretages i Princip V med luftledninger:

Princip V	Investering				Tarifpåvirkning	
132-150 kV-forstærkninger	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV luftledninger	856	981	583		0,06	0,08
132-150 kV kabellægningspakke - natur	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - by	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kompenserende kabellæg-ning	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV stationer og transformere	237	283	149		0,01	0,02
132-150 kV reinvestering luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV nedtagning af luftledninger	7	8	5		0,00	0,00
132-150 kV reetablering af kabler	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV i alt	**1.101**	**1.273**	**737**		**0,07**	**0,10**

9.2.1.4 132-150 kV-kabelhandlings-/reinvesteringsplan

I Princip I gennemføres hele 132-150 kV-kabelhandlingsplanen:

Princip I	Investering				Tarifpåvirkning	
132-150 kV-kabelhandlings-/reinvesteringsplan	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	7.940	9.419	5.007		0,50	0,67
132-150 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - natur	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - by	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kompenserende kabellæg-ning	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV stationer og transformere	436	507	286		0,03	0,04
132-150 kV reinvestering luftledninger	132	142	101		0,01	0,01
132-150 kV nedtagning af luftledninger	267	317	168		0,02	0,02
132-150 kV reetablering af kabler	459	544	289		0,03	0,04
132-150 kV i alt	**9.233**	**10.929**	**5.852**		**0,59**	**0,79**

I Princip II-IV annulleres 132-150 kV-kabelhandlingsplanen, hvormed der i stedet reinvesteres i 132-150 kV-luftledningsnettet:

Princip II-V	Investering				Tarifpåvirkning	
132-150 kV-kabelhandlings-/reinvesteringsplan	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - natur	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - by	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kompenserende kabellæg-ning	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV stationer og transformere	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV reinvestering luftledninger	2.874	3.747	1.248		0,14	0,19
132-150 kV nedtagning af luftledninger	8	8	6		0,00	0,00
132-150 kV reetablering af kabler	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV i alt	**2.882**	**3.756**	**1.254**		**0,14**	**0,19**

9.2.1.5 132-150 kV-kabellægningspakke – by

I Princip II og III gennemføres der kabellægninger i 132-150 kV-nettet på udvalgte strækninger nær by og byvækst:

Princip II-III	Investering				Tarifpåvirkning	
132-150 kV-kabellægningspakke - by	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - natur	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - by	1.585	2.025	649		0,08	0,11
132-150 kV kompenserende kabellæg-ning	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV stationer og transformere	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV reinvestering luftledninger	-224	-286	-93		-0,01	-0,02
132-150 kV nedtagning af luftledninger	26	34	11		0,00	0,00
132-150 kV reetablering af kabler	92	117	38		0,00	0,01
132-150 kV i alt	**1.479**	**1.890**	**605**		**0,07**	**0,10**

9.2.1.6 132-150 kV-kabellægningspakke – natur og landskab

I Princip II og III gennemføres der kabellægninger i 132-150 kV-nettet på udvalgte strækninger i natur og landskab:

Princip II-III	Investering				Tarifpåvirkning	
132-150 kV-kabellægningspakke - natur og landskab	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - natur	1.163	1.481	502		0,06	0,08
132-150 kV kabellægningspakke - by	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kompenserende kabellæg-ning	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV stationer og transformere	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV reinvestering luftledninger	-245	-312	-107		-0,01	-0,02
132-150 kV nedtagning af luftledninger	29	37	13		0,00	0,00
132-150 kV reetablering af kabler	67	86	29		0,00	0,01
132-150 kV i alt	**1.014**	**1.292**	**436**		**0,05**	**0,07**

9.2.1.7 132-150 kV-kabellægningspakke – 400 kV-luftledninger

I Princip III og IV gennemføres der en række kabellægninger i 150 kV-nettet, som sammen med 400-150 kV-kombiledningen Endrup-Idomlund medfører demontering af en række 150 kV-luftledninger:

Princip III-IV	Investering				Tarifpåvirkning	
132-150 kV-kabellægningspakke - 400 kV luftledninger	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - natur	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - by	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kompenserende kabellæg-ning	545	612	383		0,04	0,05
132-150 kV stationer og transformere	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV reinvestering luftledninger	-293	-399	-93		-0,01	-0,02
132-150 kV nedtagning af luftledninger	31	34	22		0,00	0,00
132-150 kV reetablering af kabler	32	35	22		0,00	0,00
132-150 kV i alt	**314**	**283**	**334**		**0,03**	**0,04**

I Princip V gennemføres der ingen 132-150 kV kabellægninger, men der nedtages en række 150 kV-luftledninger i forbindelse med etablering af 400-150 kV-kombiledningen Endrup-Idomlund:

Princip V	Investering				Tarifpåvirkning	
132-150 kV-kabellægningspakke - 400 kV luftledninger	Fastpris 2014	Løbende priser	Nutidsværdi 2014		Fastpris	Løbende priser
			Diskonte-ringssats	Nettoaf-giftsfaktor	Gennemsnit	Gennemsnit
	Samlet	Samlet	4,00%	1,17	2015-2040	2015-2040
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.		øre/kWh	øre/kWh
132-150 kV kabelanlæg	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV luftledninger	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - natur	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kabellægningspakke - by	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV kompenserende kabellæg-ning	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV stationer og transformere	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV reinvestering luftledninger	-157	-223	-32		0,00	-0,01
132-150 kV nedtagning af luftledninger	16	18	11		0,00	0,00
132-150 kV reetablering af kabler	0	0	0		0,00	0,00
132-150 kV i alt	**-141**	**-205**	**-21**		**0,00**	**-0,01**