Til
Energistyrelsen, EUDP-sekretariatet

Dokumenttype
Hovedrapport

Dato
Marts, 2013

SCENARIER FOR ENERGI-INFRASTRUKTUR
VINGE OG COPENHAGEN CLEANTECH PARK VED FREDERIKSSUND

RAMBØLL NIRAS TEKNOLOGISK INSTITUT

SCENARIER FOR ENERGIINFRASTRUKTUR VINGE OG COPENHAGEN CLEANTECH PARK VED FREDERIKSSUND

Revision	**Endelig version**
Dato	**2013-03-20**
Udarbejdet af	**Rambøll, Teknologisk Institut og NIRAS**
Kontrolleret af	**Kim Ernst, Frederikssund Erhverv**
Godkendt af	**Styregruppen**
Beskrivelse	**Scenarier for energiinfrastruktur i Vinge ved St. Rørbæk. Sektor-analyser for bæredygtig transport og vandhåndtering, samt kommerciel vurdering af energiløsninger i byudviklingsprojektet.**

Ref. 12666001

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.com/energy

INDHOLD

1.	**Indledning**	**1**
1.1	Vinge – et byudviklingsområde ved Store Rørbæk	1
1.2	Projektpartnere	2
2.	**Metode**	**4**
2.1	Fremgangsmåde	4
2.2	Afgrænsning	5
2.2.1	CO_2-neutralitet	5
2.2.2	Livscyklusfaser	5
2.2.3	Aktiviteter og emissionskilder	6
2.3	Beregningsmetode	6
2.3.1	Opgørelse af CO_2-emissioner	6
2.3.2	Fremskrivning af CO_2-emissioner	7
3.	**Forudsætningsgrundlag**	**9**
3.1	Plan for udbygning	9
3.2	Active House Vision	10
3.2.1	Active House Principper	11
3.3	Energiforbrug i bygninger	11
3.4	Anvendte nøgletal for energibehov	14
3.4.1	Køling	14
4.	**Energibehov**	**15**
4.1	Varme	15
4.2	Elektricitet	17
5.	**Decentralt energiforsyning**	**19**
5.1	Definition	19
5.2	Forudsætninger for den decentrale energiforsyning	19
5.3	Opbygning af lavenergihuse med lavt energiforbrug.	19
5.3.1	Vigtige faktorer ved opbygning af lavenergihuse	20
5.4	Teknologier i det decentrale scenarie	21
5.4.1	Teknologier benyttet til varmeforsyningen	21
5.4.2	Teknologier der benyttes til elforsyningen	23
5.5	Teknologier der er overvejet men ikke anvendt	25
5.6	Teknologier med potentiale men ikke medtaget i simulering	25
5.7	Teknologier der benyttes i forbindelse med bygningen	26
5.8	Potentiale for de benyttede teknologier	27
5.8.1	Solcellers potentiale	27
5.8.2	Solfangernes potentiale	27
5.9	Data for de i simuleringerne anvendte teknologier	28
5.10	Dimensionering af de varmeproducerende anlæg	28
5.10.1	Effektbehovet af den varmeproducerende enhed.	28
5.10.2	Dimensionering af jordslanger til væske/vand varmepumper	29
5.10.3	Dimensionering af solfangere	29
5.11	Dimensionering af de el-producerende anlæg	29
5.12	Varmeakkumulering	30
5.13	Håndtering af brugeradfærd	31
5.14	De endelige systemscenarier	31
6.	**Central energiforsyning**	**33**
6.1	Definition af central energiforsyning	33
6.2	Tilslutningsniveau til central varmeforsyning	33
6.3	Overordnet konceptdesign for central varmeforsyning	34
6.3.1	Distributionssystem	34
6.3.2	Produktionssystem	34
6.4	Varmeforsyningsstrategi	36

6.4.1	Varmeakkumulering	36
6.4.2	Varmeproduktionsanlæg	37
6.4.3	Køling	39
6.5	Lokale VE ressourcer	40
6.5.1	Biogaspotentiale fra husdyrgødning	40
6.5.2	Biogaspotentiale fra spildevand og organisk affald	43
6.5.3	Samlet biogaspotentiale	44
6.5.4	Vindkraftpotentiale	45
7.	**Semi-decentral energiforsyning**	**50**
7.1	Alternative semi-decentrale løsninger	51
8.	**Sammenligning og vurdering af energiscenarier på tværs**	**52**
8.1	Grundlag	52
8.1.1	Alternativer	52
8.1.2	Teknisk grundlag	52
8.1.3	Grundlag for økonomiske beregninger	55
8.2	Hovedscenariet	57
8.2.1	Investeringer	57
8.2.2	Samfundsøkonomi	58
8.2.3	Brugerøkonomi	59
8.3	Alternativscenariet	61
8.3.1	Investeringer	61
8.3.2	Samfundsøkonomi	62
8.3.3	Brugerøkonomi	63
8.4	Sammenfatning	65
9.	**Kommerciel vurdering af energiscenarier**	**66**
9.1	Baggrund	66
9.2	Generelle betragtninger om energiløsninger i Vinge	66
9.2.1	Løsninger baseret på samfundsøkonomiske beregninger	66
9.2.2	Energisystemet i Vinge skal indgå intelligent i det omkringliggende, fluktuerende energisystem	66
9.2.3	Lavenergibygninger øger betydningen af energitab i fremføringen	67
9.3	Danske styrkepositioner med eksportpotentiale	67
9.3.1	Centrale løsninger	67
9.3.2	Decentrale løsninger	68
9.4	Realisering af eksportpotentialet	68
9.4.1	Byggestandarder	69
9.4.2	Afgifts-, tilskuds- og prisstruktur	69
9.4.3	Udbud	69
9.4.4	Produktionsomkostninger	69
9.4.5	Finansiering	70
9.4.6	Samarbejde mellem virksomheder inden for og på tværs af brancher	70
9.4.7	Afvejning mellem pris og æstetik	70
9.4.8	Manglende udenlandsk forståelse for danske løsninger	70
9.5	Fravær af danske styrkepositioner	70
9.5.1	Intelligente forbrugsprodukter	70
9.5.2	Solceller	70
9.5.3	Store varmepumper	71
9.6	Investorer	71
9.7	Markedsføringsværdi af projektet i Vinge	71
9.8	Sammenfatning	72
10.	**Input til strategisk energiplanlægning**	**73**
10.1	Mulighed for strategisk koordinering med Frederikssund fjernvarme	73
10.1.1	Frederikssund fjernvarmes aktuelle forhold og strategier	73
10.1.2	Muligheder for samdrift mellem Vinge og Frederikssund fjernvarme	74

10.1.3	Fliskedel og kollektivt solvarmeanlæg	75
10.1.4	Fliskedel med absorptionsvarmepumpe	75
10.1.5	Kombination af fliskedel, absorptionsvarmepumpe og solvarmeanlæg	76
10.2	Mulig strategisk indpasning af Vinge i den regionale fjernvarmeforsyning	76
11.	**CO_2-belastning ved etablering og vedligehold af byen**	**79**
11.1	Forudsætninger	79
11.2	Antagelser	80
11.3	CO_2- belastning i Anlægsfasen	80
11.4	Resultater for anlægsfasen	80
11.5	Vedligehold af byen	81
11.6	Konklusion	81
11.7	Metode	82
11.7.1	Program og data	82
11.8	Referencer	82
11.9	CO_2 neutralitet af etablering og vedligehold	83
12.	**Smart Energy Grids**	**84**
12.1	Dansk energipolitik	84
12.1.1	Energiforliget 2012	84
12.2	Intelligent energinetværk (Smart Grid)	84
12.2.1	Definition	84
12.2.2	Funktion	85
12.2.3	Informations- og kommunikationsteknologier (ICT)	86
12.2.4	Fleksibelt forbrug	86
12.3	Smart Energy Grid i Vinge	87
12.3.1	Elproduktion, varmeproduktion og lagring	87
12.3.2	Fleksibelt forbrug	88
12.3.3	Minutbaseret el-tariff	88
12.3.4	Lav-energihuse	88
12.3.5	Regulering	89
12.3.6	Lastudjævning	89
13.	**Forslag til bæredygtig transport-infrastruktur**	**90**
13.1	Forudsætninger	90
13.1.1	Helhedsplanen	90
13.1.2	Fremtidens pendler i Vinge?	91
13.1.3	Energiforbrug til transport	92
13.2	Transportbehov i Vinge	93
13.2.1	Beboere	93
13.2.2	Persontransport til arbejdspladser	94
13.2.3	Øvrig transport	95
13.3	Overordnede mål for transportens energiforbrug	96
13.3.1	EU	96
13.3.2	Nationale mål	96
13.3.3	Hovedstadsregionen	96
13.4	Mål for transporten i Vinge 2060	96
13.4.1	Beboernes transport	96
13.4.2	Transport til og fra arbejdspladser	97
13.5	Strategi og indsatsområder	98
13.6	Forslag til virkemidler	99
13.7	Samspil mellem transport og energiforsyning	101
13.7.1	Metode	101
13.7.2	Forventet transportbehov i Vinge	101
13.7.3	Fordeling på drivmidler	102
13.7.4	Energibehov og CO_2-udledning	103
14.	**Forslag til bæredygtig vandforsyning og håndtering af regn- og spildevand**	**106**
14.1	Energieffektiv design af nye tekniske anlæg og distributionssystemer (pumpestationer mv.)	106

14.2	Potentiale for udnyttelse af varmeenergi	107
14.2.1	Udnyttelse af sekundært grundvand til opvarmning/køling	107
14.2.2	Affaldskværn til biogasproduktion	107
14.3	Regnvandshåndtering i Vinge	107
14.4	Klimasikring i Vinge	109
14.5	Overordnede løsninger	109
14.5.1	Områder med muligheder for nedsivning	109
14.5.2	Områder med mulighed for udledning til overfladevand	110
14.6	Vandets vej i Vinge	110
14.7	Lokal håndtering	110
14.8	Afledning fra matrikel og veje	112
14.9	Forsinkelse til recipient ved større områder	112
14.10	Opsamling og anvendelse af regnvand	114
14.11	Adsorptionsmetoder/Forbassiner i forbindelse med vejvand til render	114
14.12	Økonomi	115
15.	**Referencer**	**117**

FIGURER

Figur 1-1. Placering af Vinge – det nye byudviklingsområde ved Store Rørbæk. 1
Figur 1-2. Organisering af projektpartnerne. 3
Figur 2-1. Fremgangsmåde til scenariemodellering..... 4
Figur 2-2. Metode til fremskrivning af CO_2-emissioner. 7
Figur 3-1. Forventet etapeudbygning for Vinge og Copenhagen Cleantech Park. B=Bydel, E=Erhverv. 9
Figur 3-2. Sammenspillet mellem parametre i Active House visionen. 10
Figur 4-1. Årligt nettovarmebehov i hovedscenariet fordelt på bygningsanvendelse. 15
Figur 4-2. Årligt nettovarmebehov i hovedscenariet fordelt på udbygningsetaperne. 15
Figur 4-3. Årligt nettovarmebehov i det alternative scenarie fordelt på bygningsanvendelse. 16
Figur 4-4. Årligt nettovarmebehov det alternative scenarie fordelt på udbygningsetaperne. 16
Figur 4-5. Varmebehov i Vinge og erhvervsparken CCP i hoved- og alternativt scenarie. 17
Figur 4-6. Nettoelbehov i hovedscenariet fordelt på udbygningsetaper. 17
Figur 4-7. Nettoelbehov i det alternative scenarie fordelt på udbygningsetaper. 18
Figur 5-1. Væske/vand varmepumpe med jordslanger. 22
Figur 5-2. Luft/vand varmepumpe. 23
Figur 5-3. Udnyttelse af tagareal til solceller. 24
Figur 5-4. Solceller ved 15° og 25° vinkel. 24
Figur 5-5. Månedlig procentvis fordeling af årlig elproduktion fra solceller. 27
Figur 6-1. Systemkoncept for fjernvarme. 35
Figur 6-2. Kort over husdyrbedrifter og dyreenheder omkring byudviklingsområdet. Cirklen indikerer en 15 km radius fra erhvervsparken i Vinge (Statsforvaltningen, 2009). 41
Figur 6-3. Udpegede vindmølleområder inkl. bufferområder, samt eksisterende vindmøller over 25 m. Kilde: Kommuneplan 2009-2021, Frederikssund Kommune. 45
Figur 6-4. Potentielle vindmølleområder. Område 1-17 er baseret på analyser, hvor der kan opstilles grupper af 100-150 m høje vindmøller. Område 18 er baseret på en konkret ansøgning. Kilde: Debatoplæg om vindmøller - Frederikssund Kommune, 2012. 47
Figur 6-5. Vindenergi (W/m^2) og middelvindhastighed (m/s) i 100 m højde. Kilde: Risø og Energi- & Miljødata. 48
Figur 6-6. Påkrævet vindkraftkapacitet til at dække elbehovet i Vinge med vindmøllestrøm alene, samt off-set ved transport (beregnet på baggrund af gennemsnitsværdier af de to udbygningsscenarier). 49
Figur 8-1. De centrale løsningers beregnede varmedistributionstab 54
Figur 8-2. Nutidsværdi af varmesidens anlægsomkostninger i hovedscenariet58
Figur 8-3. Nutidsværdi af varmesidens anlægsomkostninger i alternativscenariet 62
Figur 10-1. Fuld udbygning af Frederikssund fjernvarme med foreslået tracé og produktionsanlæg (kopi fra udviklingsstrategien). 73
Figur 10-2. Skitse af en hovedforsyningsledning med sammenkobling af de to systemer. 74
Figur 10-3. Bruttovarmebehovet for den eksisterende fjernvarme samt prognoser for udbygning i hhv. Frederikssund og Vinge i år 2020 og 2030. ...74
Figur 10-4. Fjernvarmeforsyning i hovedstadsregionen. 76
Figur 10-5. Regionale planer om tværgående energiplanlægning. 77
Figur 10-6. Byområder og eksisterende fjernvarmenet. Vinger er område 21.77
Figur 10-7. Mulige forbindelser til eksisterende fjernvarmenet. 78

Figur 11-1. Total CO_2–udledning i anlægsfasen for hovedscenariet. 80
Figur 13-1. Den nye S-togs station ved Vinge. 90
Figur 13-2. Forslag S1, tilslutning til Frederikssundsmotorvejen. Kilde: Vejdirektoratet. 90
Figur 13-3. Mobilisten, der er skabt af Formel M, er en vision om det moderne menneske, der transporterer sig smart og miljøvenligt. Illustration: Rasmus Sand Høyer for JP. 91
Figur 13-4. Bestanden af personbiler efter anvendelses og drivmiddel. Kilde: Danmarks Statistik 2012. 92
Figur 13-5. Turformålenes procentvise fordeling på transportmidler. 93
Figur 13-6. Procentvis fordeling af turlængde. 94
Figur 13-7. Afstand fra station til arbejdsplads i hovedstadsområdet (andel af ture), TU data 2006-2012. 95
Figur 13-8. Kilde: Social og Integrationsministeriet, Regionalpolitisk redegørelse 2009. 95
Figur 13-9. Real Danias scenarie med fordeling af persontransport. 97
Figur 13-10. De 3 håndtag ifm. reduktion af energiforbrug og CO_2-udledning ved transport. 98
Figur 13-11. Metode til beregning af energibehov og CO_2-udledning ved transport. 101
Figur 13-12. Fremskrivning af elbilers andel af personbiler i Vinge. 103
Figur 13-13. Elforbrug til elbiler. 104
Figur 13-14. Off-set af CO_2 fra andre drivmidler. 105
Figur 13-15. Vindkapacitet til transport i alt (elbiler + off-set). 105
Figur 14-1. Illustration af pumpestation. Bygningen har grønt tag og klimaskærmen er udført i henhold til bygninger med lavt energiforbrug. Bygningen kan fx kombineres med andre offentlige gøremål. 106
Figur 14-2. Viser den principielle forskel mellem urbane og jordbrugsområder. 108
Figur 14-3. Eksempler på grønne tagløsninger 111
Figur 14-4. Tv. ses en grøn facade. Th. ses et eksempel på en permeabel belægning på p-plads. 111
Figur 14-5. Tv. ses et eksempel på et regnbed og th. ses en nylig installeret vejkantsbed i Vejle, billedet er venligst udlånt af Wavin. 112
Figur 14-6. Tv. ses en skaterbane der fungerer som tørbassin ved kraftige regnhændelser. Th. ses et vådbassin/Dam. 113
Figur 14-7. Tv. ses et opstuvningsområde med mulighed for rekreativ anvendelse. Th. ses indretningen af regnvandsvaskeri i Folehaven, Kbh. 114

TABELLER

Tabel 3-1. Hovedscenarie for udbygning i Vinge og CCP i år 2060. 9
Tabel 3-2. Alternativt scenarie for udbygning i Vinge og CCP i år 2060. 10
Tabel 3-3. Energirammer for nybyggeri (BR10). A = opvarmet etageareal (m2). 12
Tabel 3-4. Anvendte nøgletal for energibehov i den nye bydel Nordhavnen. ..12
Tabel 3-5. Anvendte nøgletal for energiforbrug Active House boliger. *Energibehov for en husstand med 2 voksne og 2 børn og forventet A mærkede produkter. 13
Tabel 3-6. Fordeling af energiforbrug i bolig, kontor og institutioner. Active House.....13
Tabel 3-7. Foreslået nøgletal til beregning af energibehov i scenarierne for Vinge og CCP. RV = rumvarme, VV = varmt brugsvand. Graddage uafhængigt varmeforbrug (GUF) er sat til 50 %. Tek. = tekniske installationer, app. = apparater/appliances.....14
Tabel 5-1. Bygningsklassers krav (DTU, 2009). 20
Tabel 5-2. Kapacitet for teknologier benyttet i simuleringerne. 28
Tabel 6-1. Varmebehov og den designmæssige anlægseffekt ved de to udbygningscenarier.....36
Tabel 6-2. Forudsætninger for opgørelse af biogaspotentialet. 42
Tabel 6-3. Opgørelse af DE (dyreenheder), råvaremængder og energipotentiale indenfor 15 km radius af erhvervsparken. 42
Tabel 6-4. Opgørelse af DE (dyreenheder), råvaremængder og energipotentiale indenfor 15 km radius af erhvervsparken, kun øst for Roskilde Fjord. 43
Tabel 6-5. Forudsætninger for opgørelse af biogaspotentiale i spildevand og organisk affald. 43
Tabel 6-6. Biogaspotentialet i spildevand og organisk affald ved de to scenarier. 43
Tabel 6-7. Samlede biogaspotentialer i primærenergi. 44
Tabel 6-8. Forudsætninger for biogasmotor.....44
Tabel 6-9. Energiproduktion ved motoranlæg - samlet biogaspotentiale i hovedscenariet. 45
Tabel 6-10. Eksisterende vindmøller i Frederikssund Kommune. Kilde: Energistyrelsens Stamdataregister for vindmøller ultimo juli 2012.....46
Tabel 6-11. Rotordiameter, tårnhøjder, totalhøjder og afstandskrav ved forskellige effektstørrelser og harmoniforhold. Kilde: Windpower.org.....47
Tabel 8-1. Dækning af varmebehov (inkl. tab fra akkumulator) i det decentrale energiscenarie ved forskellige varianter af solfangerandelen. 52
Tabel 8-2. Dækning af varmebehov (inkl. tab fra akkumulator) i det decentrale energiscenarie ved forskellige varianter af solfangerandelen. 54
Tabel 8-3. Anvendt teknisk levetid for anlæg.....55
Tabel 8-4. Nutidsværdi af de samlede anlægsomkostninger frem til 2032 givet uændret solcelleanlægspris. 57
Tabel 8-5. Nutidsværdi af de samlede anlægsomkostninger frem til 2032 givet faldende solcelleanlægspris. 58
Tabel 8-6. Samfundsøkonomisk sammenligning af energiscenarier ved 5 % diskonteringsrente 59
Tabel 8-7. Samfundsøkonomisk sammenligning af energiscenarier ved 3 % diskonteringsrente 59
Tabel 8-8. Brugerøkonomisk sammenligning af energiscenarier – konstante solcellepriser. 60
Tabel 8-9. Brugerøkonomisk sammenligning af energiscenarier – faldende solcellepriser. 60
Tabel 8-10. Nutidsværdi af de samlede anlægsomkostninger frem til 2032 givet uændret solcelleanlægspris. 61
Tabel 8-11. Nutidsværdi af de samlede anlægsomkostninger frem til 2032 givet faldende solcelleanlægspris. 62

Tabel 8-12. Samfundsøkonomisk sammenligning af energiscenarier ved 5 % diskonteringsrente 63
Tabel 8-13. Samfundsøkonomisk sammenligning af energiscenarier ved 3 % diskonteringsrente 63
Tabel 8-14. Brugerøkonomisk sammenligning af energiscenarier. 64
Tabel 8-15. Brugerøkonomisk sammenligning af energiscenarier. 64
Tabel 11-1. Hovedscenariet for den forventede udvikling. 79
Tabel 11-2. Det relative bidrag for hvert enkelt område for opførelse af Vinge. 81
Tabel 11-3. Teoretiske inputs brugt til beregningerne. 83
Tabel 13-1. TU-data. 93
Tabel 13-2. Transportarbejde fordelt på transportmiddel ved fuld udbygning i de to scenarier. 102
Tabel 13-3. Udvikling af transport arbejdet fordelt på indbyggere og arbejdspladser i de to scenarier. 102
Tabel 13-4. Udvikling af antal personbiler i Vinge, fordelt på indbyggere og arbejdspladser. 102
Tabel 13-5. Forventet fordeling af drivmidler. 103
Tabel 13-6. Resultater af transportanalysen for Vinge. 104
Tabel 14-1. Priseksempler ved lokale områder. 115
Tabel 14-2. Priseksempler ved boligområder. 115
Tabel 14-3. Priseksempler ved større områder. 115
Tabel 14-4. Priseksempler på render. 116

BILAG

Bilag 1 - Fysiske begrænsninger, maksimal produktion og arealspecifikt kapacitetskrav

Bilag 2 – Undersøgelse af den udlagte jordslangelængde

Bilag 3 - Ydelse af solcelle- og solfangeranlæg

Bilag 4 - Varmetæthedskort

Bilag 5 – Beregningsforudsætninger for kapitel 13 ”Forslag til bæredygtig transport-infrastruktur”

Bilag 6 – Orbicon notat

Bilag 7 - Vejkantsbede

Bilag 8 – Forsøg i Luxemburg

Bilag 9 - Inspirationsbilleder til LAR (projekt Kastrupkrogen)

Bilag 10 - Takstblad 2012, Frederikssunds forsyning

Bilag 11 - Betalingsvedtægt for Frederikssunds kommunale Kloakforsyning

Bilag 12 - Grundvandskøling, Artikel fra Vandteknik, år 2000

1. INDLEDNING

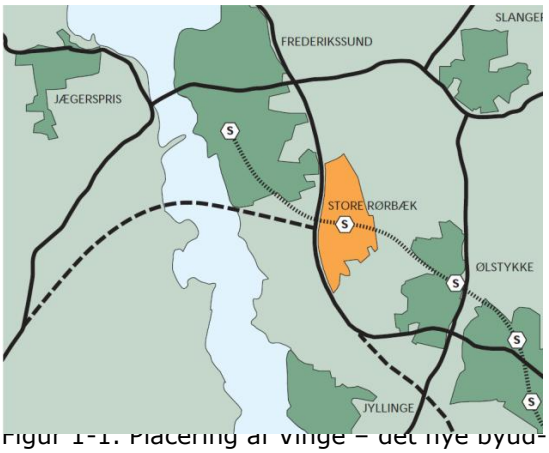
1.1 Vinge – et byudviklingsområde ved Store Rørbæk

Frederikssund Kommune ønsker at styrke deres position som et konkurrencedygtigt regionalt center. Frederikssund by skal således udvikles som et regionalt center med boliger, arbejdspladser, uddannelse og handel, der kan konkurrere i en regional sammenhæng.

Syd for Frederikssund by og lige nord for Store Rørbæk ligger et af hovedstadsområdets store byudviklingsområder, som spiller en særlig rolle i for kommunens udviklingsplan - byen Vinge.

Med et udlagt areal på 350 hektar skønnes at Vinge kunne rumme op til 10.000 indbyggere og 6.500 arbejdspladser. Vinge forventes således at blive et førende regionalt erhvervsområde og et vigtigt bosætningsområde i hovedstadsregionen.

Byen opbygges omkring en ny S-togsstation på Frederikssundslinjen og forbindes med den kommende Frederikssundsmotorvej.



Figur 1-1. Placering af Vinge – det nye byudviklingsområde ved Store Rørbæk.

Den centrale del af Vinge skal tilbyde attraktivt byliv, dagligvarehandel og fritidsaktiviteter og let adgang til S-togsnettet. Områderne øst og syd for den nye by har nogle unikke landskabs- og naturkvaliteter. Kombineret med flotte landskabelige træk giver dette mulighed for at brande byen som en by i nærkontakt med naturen og et sundt sted at vokse op. Områdets eksisterende landskabelige træk skal således integreres i helhedsplanlægningen, ligesom naturen skal tænkes ind i udviklingen af spændende boliger.

På erhvervssiden har Vinge en stærk position trafikalt med både S-tog og kommende motorvej og fjordforbindelsen. Byen har et potentiale til at tiltrække forskellige typer af erhverv. Den nordligste del af Vinge er udlagt til erhvervsområde (Copenhagen Cleantech Park). Erhvervsområdet skal profileres med en grøn profil som en del af "Copenhagen Cleantech Cluster", der er en fælles strategi for miljøteknologiske virksomheder i hovedstadsområdet. Produktionserhverv med ønske om at ligge i attraktive grønne områder og godt placeret i forhold til arbejdskraft med både lange og korte uddannelser kan derfor etableres her. Virksomheder med ønske om synlighed fra motorvejen kan placeres mod vest, hvor terrænet giver denne mulighed. I bymidten er der mulighed for erhverv som kræver en placering i stationsnære områder. Byfunktionerne i bymidten vil være typer, som kan klare konkurrencen fra det nærliggende regionale center i Frederikssund bymidte.

Udviklingsområdet kommer til at bestå af en bydel, samt en erhvervspark, som i denne rapport kaldes hhv. Vinge og Copenhagen Cleantech Park (CCP). Udbygningen af Vinge er planlagt i 7 etaper frem mod 2060, mens udbygningen af CCP er planlagt i 6 etaper (se afsnit 3.1). Første etape af erhvervsparken blev allerede påbegynd i 2012, mens første etape af Vinge igangsættes i starten af 2014 med byggeri af de første demonstrationsboliger.

De overordnede rammer er udlagt i gældende kommuneplanlægning, og en lokalplan er vedtaget for første etape af det nordlige erhvervsområde. En helhedsplan som skal kombinere bæredygtighed, infrastruktur, landskab, erhverv og boligområder i en fleksibel strukturplan er under udarbejdelse. Området planlægges i samarbejde arkitektstuen EFFEKT, samt Henning Larsen Architects, som bl.a. er kendt for byggerier som Bølgen i Vejle, Operahuset i København og byudviklingsprojektet på Carlsberg-grunden i Valby. Et første program for helhedsplanen blev kommunikeret ud i oktober 2012, hvor der henvises til nærværende EUDP-projekt under afsnit *"Væsentlige elementer og fokusområder – Bæredygtighed"*, hvor der bl.a. står *"Helhedsplanen skal kunne inkorporere de bæredygtigheds forslag der måtte komme fra det igangværende EUDP projekt.*

Dette er naturligvis afhængigt af hvilke forslag EUDP projektet anbefaler, og skal løbende blive inkorporeret så vidt som muligt."

Vinge skal være et forgangseksempel for bæredygtig byudvikling, og bæredygtighed skal indgå som et grundprincip i byens udformning og byggeri. Frederikssund Kommune ønsker at fokusere særligt på klima og miljø, og har derfor opstillet en målsætning om, at Vinge - eksklusiv Copenhagen Cleantech Park - skal være CO_2 neutral (se en nærmere definition of afgrænsning i afsnit 2.2.1).

1.2 Projektpartnere

EUDP-Projektet er organiseret som et partnerskab mellem offentlige virksomheder, kommercielle partnere og rådgivere. Følgende partnere deltager i projektet:

- Frederikssund Kommune (projektejer)
- Frederikssund Erhverv (faglig projektleder)
- VELUX, Active House Alliance
- E.ON
- Frederikssund Forsyning
- Rambøll Danmark A/S
- NIRAS A/S
- Teknologisk Institut

De enkelte parter og deres ansvarsområder er kort beskrevet nedenfor.

Frederikssund Kommune
Frederikssund Kommune har som led i den videre byudvikling sammen med Frederikssund Erhverv været initiativtager til projektet. Kommunen har en interesse i at Vinge og CCP bliver en bæredygtig by og herunder forsynes med en bæredygtig energi- og transportinfrastruktur samt afvanding/vandforsyning. Frederikssund Kommune er hovedansøger, projektejer og formand i styregruppen, og har dermed også stået for projektets overordnede ledelse, herunder bl.a. budgetkontrol, rapportering mv. Kommunen har herudover også bidraget til etablering af projektets forudsætninger og grundlag.

Frederikssund Erhverv
Frederikssund Kommune har udpeget Frederikssund Erhverv som faglig projektleder for projektet. Frederikssund Erhvervs primær formål har været at udvikle virksomheder og erhvervsliv i Frederikssund Kommune og derigennem skabe økonomisk vækst og arbejdspladser. Frederikssund Erhverv har stået for den daglige koordinering af projektet sammen med de offentlige og kommercielle partnere og rådgiverne samt afholdelse af konsortiemøder. Herudover har Frederikssund Erhverv bistået Frederikssund Kommune med rapportering og budgetkontrol.

VELUX, Active House Alliance
VELUX Gruppen støtter Active House visionen og er medlem af den internationale alliance, "Active House Alliance", der arbejder for at fremme udbredelsen og etablere en ny forbedret standard for nybyggeri og renovering. I konceptet for "Active House" fokuseres der på CO_2-neutralitet ved at øge energieffektivisering og anvende vedvarende energiteknologier. Derudover fokuseres der i lige så høj grad på at sætte krav til sundhed og indeklima i bygninger samt en generel miljøvurdering (LCA) af boligerne. I overvejelserne omkring de første boliger i Vinge indgår tanker om bl.a. opførelse efter "Active House" principperne. VELUX, Active House Alliance har derfor også bidraget i udarbejdelsen af især de decentrale og semi-decentrale energiforsyningsscenarier med særlig fokus på energieffektivt byggeri og individuel energiforsyning.

E.ON
E.ON har bidraget med input til strategisk energiplanlægning i forhold til forsyning af den nye by med fjernvarme. I denne perspektivering er der også set nærmere på sammenhængen med Frederikssund Kommune som geografi og energiforsyningen i Regionen i øvrigt.

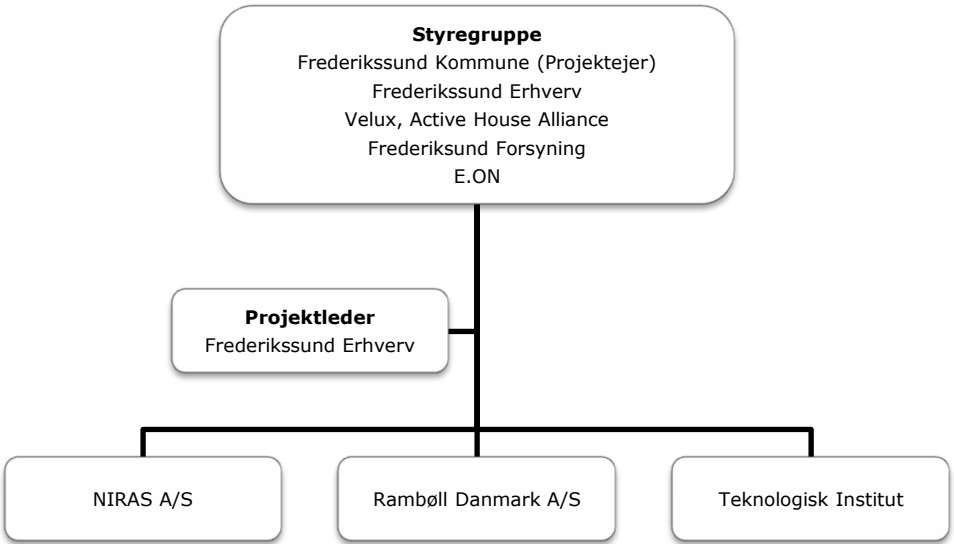
Frederikssund Forsyning
Frederikssund Forsyning deltager i projektet som offentlig partner med særligt fokus på bæredygtig afvanding/vandforsyning til Vinge og CCP. Her har der været særligt fokus på energieffektiviteten af de anlæg og pumper, der skal forsyne byen med vand samt hvordan regnvand og spildevand kan håndteres på en miljømæssig forsvarlig måde. Frederikssund Forsynings strategier og planer er i øvrigt sammenholdt med ønsker i forhold til klimatilpasning, energieffektivitet, forsyningssikkerhed mv.

Rambøll Danmark A/S
Rambøll deltager i projektet som rådgiver og har bl.a. stået for etablering af de faglige forudsætninger og grundlag for projektet samt gennemførelse af det centrale energiforsyningsscenarie og analysen af transport og afvanding/vandforsyning. Rambøll har desuden stået for sammenligning af de tre energiforsyningsscenarier, den kommercielle analyse samt udarbejdelse af den samlede rapport med projektets resultater i tæt samarbejde med de øvrige parter.

NIRAS A/S
NIRAS deltager som rådgiver i projektet, og har bidraget til etablering af de faglige forudsætninger og grundlag for projektet samt gennemførelse af det semi-decentrale energiforsyningsscenarie. Herudover har NIRAS udarbejdet beskrivelsen af det decentrale forsyningsscenarie som input til den samlede rapport. Endeligt har NIRAS bidraget til kvalitetssikring af de øvrige resultater i projektet.

Teknologisk Institut
Teknologisk Institut deltager som rådgiver i projektet og har bidraget til etablering af de faglige forudsætninger og grundlag for projektet samt gennemførelse af det decentrale energiforsyningsscenarie. Herudover har Teknologisk Institut udarbejdet rapport med beskrivelse af det decentrale forsyningsscenarie som input til den samlede rapport. Endeligt har Teknologisk Institut bidraget til kvalitetssikring af de øvrige resultater i projektet.

Den samlede organisering at de deltagende parter er præsenteret i figur 2 nedenfor:



Figur 1-2. Organisering af projektpartnerne.

Projektets styregruppe består af Frederikssund Kommune som formand, Frederikssund Erhverv samt projektets sponsorer, og alle principielle beslutninger i projektet træffes i styregruppen.

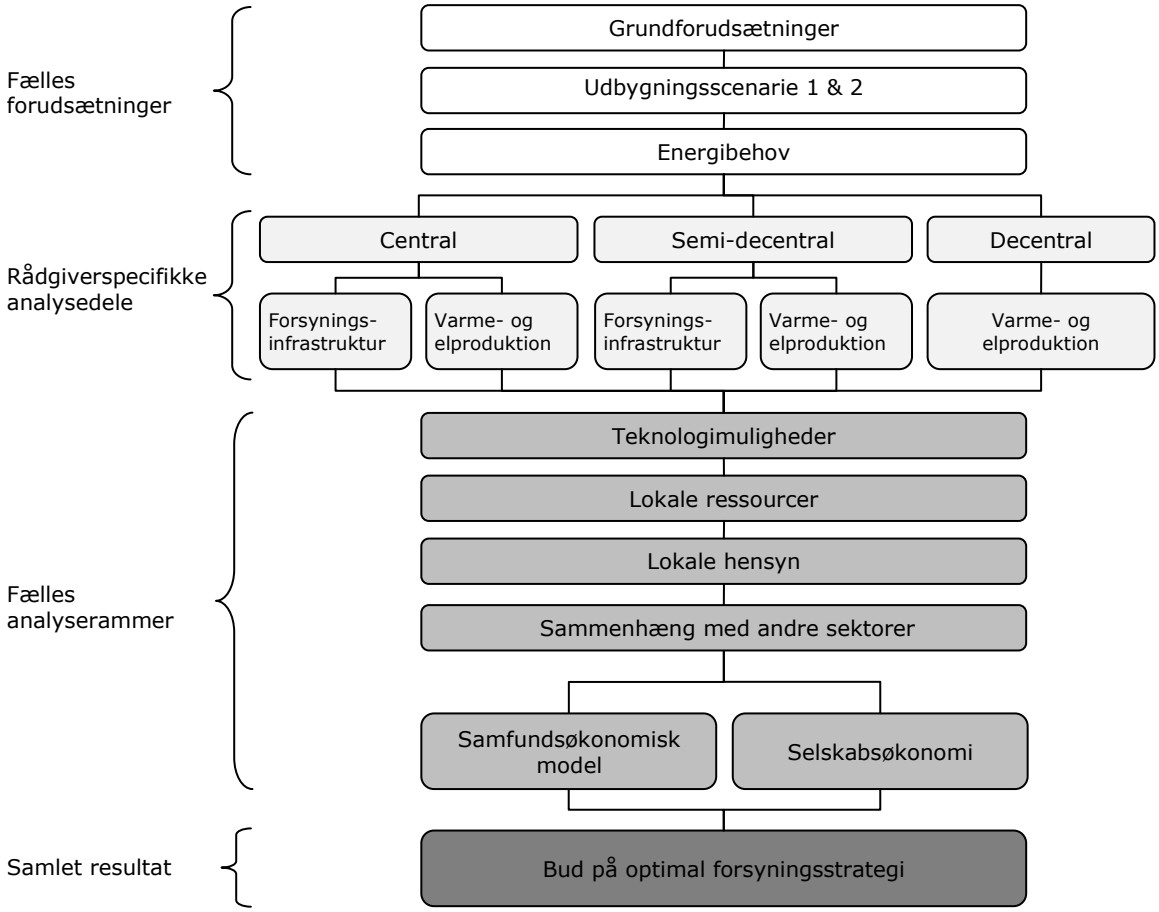
Udover de nævnte projektpartnere er der nedsat et såkaldt Advisory Board til støtte for udviklingen af St. Rørbæk projektet. Advisory Board, repræsenteret med de mest solide kompetencer inden for cleantech teknologier i Danmark, skal medvirke til at sikre, at visionen for Copenhagen Cleantech Park/St. Rørbæk i Nordsjælland føres ud i livet.

2. METODE

Dette kapitel beskriver den anvendte fremgangsmåde til løsning af projektet, herunder fremgangsmåde for scenariemodellering, afgrænsninger, definitioner samt metoden til opgørelse og fremskrivning af CO_2-emissioner.

2.1 Fremgangsmåde

Fremgangsmåde og tilgang til analyserne er visualiseret i den følgende figur:



Figur 2-1. Fremgangsmåde til scenariemodellering.

Forud for alle tre hovedanalyser fra de respektive rådgivere, er der fastlagt en række forudsætninger. Rådgivergruppen har i det indledende arbejde udarbejdet en fælles beregningsforudsætning for de videre analyser af central, semi-decentral og decentrale forsyningsstrategier. For at have samme udgangspunkt, er energi- og effektbehovet på bygningsniveau således ens på tværs af rådgivernes forskellige energiforsyningsstrategier. Forudsætningerne for udbygningsscenarierne 1 & 2 er leveret af Frederikssund Kommune.

Hver rådgiver har fået tildelt en specifik analysedel. For Rambølls vedkommende er det analysen af en et centralt forsyningsscenarie, hvor det for NIRAS og Teknologisk Institut henholdsvis er et semi-decentralt og decentralt scenarie. Rådgivergruppen har samarbejdet om alle scenarierne, således at forudsætninger m.m. er afstemt og at alternativerne repræsenterer forskellige energisystemer.

I de tre energiforsyningsstrategier indgår bl.a. også en vurdering af lokale ressourcer der kan udnyttes i selve byudviklingsområdet (samt i det tilgrænsende opland), energiteknologivalg på

kort og langt sigt (herunder placeringsmuligheder for energiproducerende anlæg) samt andre lokale hensyn og et evt. samspil med andre sektorer (f.eks. mellem energiproduktion og transport) Energiscenarierne er blevet vurderet ud fra de fælles analyserammer, samt de forudsætninger og metodevalg, der ligger i den samfundsøkonomiske model og de selskabsøkonomiske beregninger.

Fremgangsmåden skitseret foroven med et fælles udgangspunkt og sammenligning af energiscenarierne på tværs i en fælles analysemodel, gør det muligt at komme med et bud på den optimale energiforsyningsstrategi for Vinge og CCP.

2.2 Afgrænsning

2.2.1 CO_2-neutralitet

Frederikssund Kommune har opstillet en målsætning om, at Vinge, eksklusiv erhvervsparken Copenhagen Cleantech Park, skal være CO_2-neutral. Der findes ikke en officiel definition af begrebet CO_2-neutralitet, men nok en konsensus om at begrebet relaterer sig til det såkaldte CO_2-fodaftryk (i driftsfasen alene eller i driftsfasen samt etableringsfasen), som skal være lig nul for at der kan være tale om CO_2-neutralitet. Der kan i forbindelse med et byudviklingsprojekt også diskuteres om denne CO_2-neutralitet skal opnås ud fra en nettobetragtning eller ud fra en absolut betragtning.

CO_2-neutralitet er i dette projekt defineret som:

"Den samlede drivhusgasudledning, beregnet for energiforbrug, transport og affald/spildevand i forbindelse med aktiviteterne i driftsfasen i Vinge, er ud fra en nettobetragtning lig nul, set over et år."

Den samlede CO_2-udledning for bydelen beregnes således som summen af alle udledninger med fradrag af al den fortrængte CO_2-udledning fra VE-anlæg i eller uden for Vinges geografiske område. Ved denne definition er det muligt at kompensere for CO_2-udledning fra f.eks. transport mod at energiproduktionen i Vinge er CO_2-negativ, så længe nettoudledningen bliver nul. Det er ligeledes muligt at kompensere for CO_2-udledning inden for Vinges geografiske område mod f.eks. at etablere CO_2-neutral el- og varmeproduktion (investeringer i solceller, vindmøller, biomassekraftvarme) uden for Vinges geografiske område, der fortrænger CO_2-belastende el- og varmeproduktion andre steder i Vinge. I forhold til persontransport giver det ikke mening af arbejde med en geografisk afgrænsning, idet størstedelen af den transport, som de nye boliger og arbejdspladser i Vinge genererer, må forventes at ske udenfor selve området. I beregninger af det forventede transportbehov og CO_2-udledningen relateret hertil, er det derfor valgt at indregne al transport og CO_2 genereret af de fremtidige beboere og arbejdspladser i Vinge.

2.2.2 Livscyklusfaser

I forbindelse med opgørelsen af CO_2-udledningen i de fleste energi- og klimaplaner for kommuner, virksomheder, bydele m.fl. er det i dag almindeligt udbredt kun at medtage bidraget af CO_2-emissioner fra driftsfasen jf. også afgrænsningen for Vinge i afsnit 2.2.1 foroven.

For bygninger er det således almindeligt kun at medtage bidraget fra det daglige forbrug af el og varme, men at udelade bidrag fra f.eks. anlægsarbejdet og produktionen af byggematerialer. Dette vil måske ændre sig i fremtiden, bl.a. fordi den Europæiske Komité for Standardisering (CEN) i øjeblikket arbejder på nye standarder med udgangspunkt i en fuld livscyklus-vurdering.

Det kan overvejes, om indirekte bidrag fra produktion/fremskaffelse og transport af materialer og brændsler skal medtages når og hvis nye standarder vedtages og implementeres og bliver anerkendt praksis blandt planlæggere og projektudviklere.

I denne forbindelse kan der eksempelvis være overvejelser i forhold til brug af biomasse, der har et CO_2-bidrag fra dyrkning, transport mv., dvs. brug af biomasse som brændsel i f.eks. varmeforsyningen vil give et CO_2-bidrag der skal kompenseres for, for at kunne opfylde CO_2-neutraliteten.

Ligeledes vil brug af affald til energiformål og selve affaldshåndteringen bidrage til den indirekte CO_2-udledning. Men affald indeholder også fossile fraktioner (plastikprodukter mv.), som giver anledning til direkte CO_2-bidrag, når affald afbrændes til el- og varmeproduktion. Det direkte CO_2-bidrag fra de fossile fraktioner i affaldet kan opgøres i henhold til Energistyrelsens retningslinjer på området og bliver således aktuelt, hvis affald anvendes til energiproduktion lokalt i Vinge.

Generelt gælder, at der kan være stor usikkerhed på det indirekte CO_2-bidrag bl.a. pga. mangel på datatilgængelighed. Ydermere kan der være stor variation på det samme brændsels indirekte CO_2-bidrag, f.eks. hvis biomasse hentes fra lokalområdet i stedet for en langdistancetransport fra udlandet, eller hvis biomassen tørres med fossil energi i forbindelse med lagring mv. Det direkte CO_2-bidrag er derimod lettere at beskrive og mere 'standardiseret', jf. Energistyrelsens opgørelsesmetode.

Med udgangspunkt i ovenstående overvejelser er der i vurdering af Vinges CO_2-neutralitet foretaget følgende afgrænsning:

- Den direkte CO_2-udledning fra Vinges aktiviteter i driftsfasen opgøres ud fra Energistyrelsens opgørelsesmetode, dvs. der udelades bidrag fra produktion og transport af brændsler og materialer til energianlæg.
- Der foretages en simpel beregning af den udledning, der forventes som konsekvens af etableringsfasen. Beregningen foretages med model udviklet af NIRAS.

Det vurderes, at det indirekte CO_2-bidrag i driftsfasen, der derved ses bort fra i beregningerne, udgør en meget lille andel af det samlede CO_2-fodaftryk. Men problematikken bør alligevel indgå ved hensigtsmæssige valg, uden at det dog kvantificeres nærmere. F.eks. med hensyn til CO_2-aftrykket fra håndtering og transport af biomasse er det nærliggende at vurdere forskellige mulige biomassepotentialer i lokalområdet til Vinges energiforsyning.

Som defineret i projektansøgningen til EUDP er målet primært, at Vinge skal være CO_2-neutral i driftsfasen, dvs. fra når bydelen ibrugtages. Som en perspektivering af denne målsætning giver rapporten dog også en indikation af hvornår tidsmæssigt Vinge har kompenseret for CO_2-udledningerne i forbindelse med etableringen af bydelen jf. kapitel 11.

2.2.3 Aktiviteter og emissionskilder

Typisk medtages følgende aktiviteter og emissionskilder i en CO_2-kortlægning for et geografisk område, såfremt de forekommer:

- El- og varmeproduktion og forbrug, herunder el- og fjernvarme, industri, handel og service, husholdninger samt landbrug og skovbrug
- Transport og øvrige mobile kilder, herunder vejtrafik, togtrafik, flytrafik, skibstrafik, fiskeri samt ikke-vej-industri, - landbrug, -skovbrug og –have/husholdning
- Industri og proces, herunder industri, raffinaderi og olie/gas samt opløsningsmidler
- Landbrug, herunder vådområder, parker og lignende, vejtræer, biomasse fjernet i forbindelse med udstykning og vejbygning, handelsgødning, kalk og spagnum, hegn og biotopoprejsning, randzoner langs vandløb samt skovrejsning
- Affald og spildevand, herunder affaldsdeponier og spildevand

Idet der forudsættes ikke at forekomme egentlig industri og proces eller landbrug i Vinge og CCP, indgår alene aktiviteter og kilder relateret til energiforbrug og –produktion, personbilstransport relateret til indbyggerne og arbejdspladerne samt affald og spildevand i analyserne. Ydermere er der som nævnt ikke krav om, at CCP skal være CO_2-neutral, men eventuelle synergier i forbindelse med produktion af overskudsvarme fra erhvervsparken medtages.

2.3 Beregningsmetode

2.3.1 Opgørelse af CO_2-emissioner

Til vurdering af Vinges CO_2-neutralitet anvendes generelt Energistyrelses forudsætninger og opgørelsesmetoder.

Emissioner fra fjernvarme baseret på kraftvarme beregnes ud fra den faktiske (teknologiske) varmevirkningsgrad og brændselssammensætningen fastsættes som den samlede brændselssammensætning for kraftvarmeværkerne.

Emissionerne fra elforbruget opgøres ud fra Energistyrelsens emissionskoefficient for hver kWh el leveret, med korrektion for nettab i distributionssystemet. Ved fleksible varmeproduktionsanlæg, som varmepumper og elpatroner med akkumuleringstank, anvendes en vægtet CO_2-emissionsfaktor baseret på en høj andel af vindmøllestrøm.

Der kan dog kompenseres for el produceret på basis af vedvarende energi på 2 måder, afhængigt af hvor produktionen foregår og i hvilken udstrækning borgerne og virksomhederne spiller en direkte rolle i etableringen af denne el-produktion:

- Metode 1: Vedvarende energiproduktion tilskrives det sted, hvor anlægget ligger. Det gøres ved at den "grønne" elektricitet fratrækkes Vinges samlede elforbrug. Herved erstatter den CO_2-udledningen fra en "gennemsnitlig" dansk el-produktion, med det til enhver tid gældende miks af fossile og ikke-fossile energikilder.
- Metode 2: Vedvarende energiproduktion tilskrives den part, som har investeret i anlægget. Det gøres ved at den "grønne" strøm regnes for at erstatte den fossile andel af elektriciteten, som forsyner Vinge.

Sidstnævnte metode kan f.eks. anvendes på el produceret på basis af biomasse på et kraftvarmeværk, såfremt Vinge via dens borgere eller virksomheder har haft en væsentlig andel i realiseringen af omstillingen til biomasse. Derimod foretages ikke godskrivning af den biomasse-el som er en konsekvens af energiselskabernes løbende omstilling til VE-produktion. Metoden vil ligeledes kunne anvendes ved investeringer i vindenergi.

I forhold til persontransport giver det ikke mening at arbejde med en geografisk afgrænsning, idet størstedelen af den transport, som de nye boliger og arbejdspladser i Vinge genererer, må forventes at ske udenfor selve området. I analysen af det forventede transportbehov, er det derfor valgt at indregne al transport genereret af de fremtidige beboere og arbejdspladser i Vinge.

Et skift fra benzin/dieselbiler til el, brint, bioethanol mv. indgår i opgørelserne ved at indregne ændrede emissionsfaktorer.

Øvrige aktiviteter/kilder udgør en beskeden andel af de samlede emissioner.

2.3.2 Fremskrivning af CO_2-emissioner

Fremskrivningen af energiforbruget fastlægges som produktet af "aktivitetsniveau" (m^2 etageareal mv.) og "energiintensitet" ($kWh/m^2/år$ osv.) opgjort for de enkelte sektorer og energianvendelser. Klimabelastningen eller CO_2-udslippet findes ved at gange energiforbruget med de relevante emissionsfaktorer (CO_2/kWh) for de forskellige energiforbrug (el, varme, olie etc.).

Figur 2-2. Metode til fremskrivning af CO_2-emissioner.

Til en fremskrivning af energiforbrug og CO_2-emissionerne fra Vinge i perioden frem til 2030, benyttes hhv. rapportens fastsatte nøgletal for energibehov, samt Energistyrelsens forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet. Forudsætningerne for perioden 2030 til 2060 er mere usikre, men der gives et skøn for denne periode også. Til fremskrivningerne anvendes Rambølls samfundsøkonomiske scenariomodel, der tager udgangspunkt i Energistyrelsens standardmetode.

Derudover foreslås det at anvende en alternativ samfundsøkonomisk metode, hvor der ikke justeres med en nettoafgiftsfaktor og for skatteforvridningstab, sådan som det sker i standardmetoden. Denne beregning foretages som en følsomhedsberegning.

3. FORUDSÆTNINGSGRUNDLAG

Dette afsnit beskriver det forudsætningsgrundlag som er blevet etableret for energiforsynings-scenarierne. Forudsætningerne er blevet etableret i et tæt samarbejde mellem de offentlige, kommercielle og rådgivende projektpartnere.

3.1 Plan for udbygning

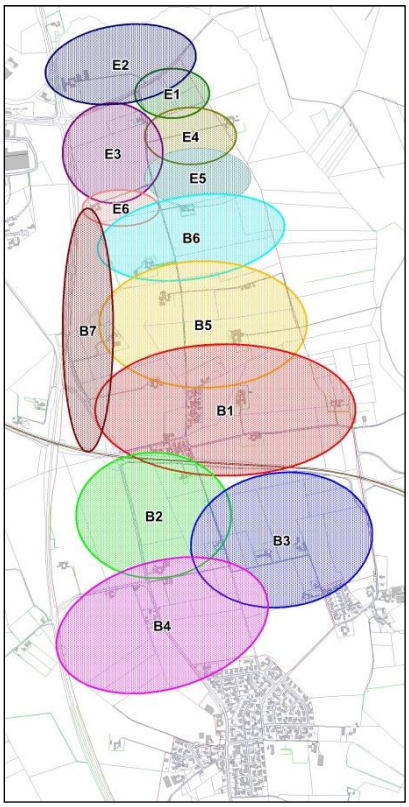
Frederikssund Kommune forudsætter, at udbygningen af Vinge og Copenhagen Cleantech Park (CCP) kommer til at ske i 13 etaper (B1-7 samt E1-6) frem til år 2060. Etaperne er vist i Figur 5. Udbygningen starter i B1 og E1 og breder sig ud fra disse områder. Udbygningen i E1 blev allerede påbegyndt i 2012, mens B1 forventes påbegyndt i 2014.

Der bemærkes den forholdsvise store afstand mellem B1 og E1, og det kan derfor antages, at evt. varmeforsyningsmæssige synergieffekter mellem bydelen og erhvervsparken først kan realiseres i de senere udbygningsetaper.

Udviklingen i bygningsareal er bestemt ud fra Frederikssund Kommunes to forskellige scenarier over den forventede udbygning af Vinge og CCP som vist i tabel 3-1 og tabel 3-2.

Frederikssund Kommune forudsætter som beregningsgrundlag, at boligbyggeriet i Vinge og CCP bliver tæt-lav-bebyggelse og etagebyggeri med maksimalt 4 etager. Erhvervsparken sigter mod cleantech virksomheder, men erhvervssammensætningen kan ikke forudsiges på nuværende tidspunkt.

Kommunens hovedscenarie er forholdsvist konservativt i forhold til antal arbejdspladser og mere optimistisk i forhold til indbyggerantal. Kommunens alternative scenarie repræsenterer en højere forventning til antal arbejdspladser og en lidt mindre i forhold til antal indbyggere.



Figur 3-1. Forventet etapeudbygning for Vinge og Copenhagen Cleantech Park. B=Bydel, E=Erhverv

Hovedscenarie	Boliger	Personer pr. husstand	Indbyggere
Tæt-lav	1.815	2,6	4.718
Etage	2.259	2,3	5.196
Total	**4.074**		**9.914**
	Etageareal m²	**m² pr. arbejdsplads**	**Arbejdspladser**
Kontor/erhverv	43.949	30	1.465
Institutioner	23.000	100	230
Produktion	193.247	200	966
Produktion/kontor	60.417	50	1.208
Total	**320.613**		**3.870**

Tabel 3-1. Hovedscenarie for udbygning i Vinge og CCP i år 2060.

Alternativt scenarie	Boliger	Personer pr. husstand	Indbyggere
Tæt-lav	1.815	2,6	4.718
Etage	1.598	2,3	3.675
Total	**3.414**		**8.393**
	Etageareal m²	**m² pr. arbejdsplads**	**Arbejdspladser**
Kontor/erhverv	123.269	30	4.109
Institutioner	20.000	100	200
Produktion	193.247	200	966
Produktion/kontor	60.417	50	1.208
Total	**396.933**		**6.484**

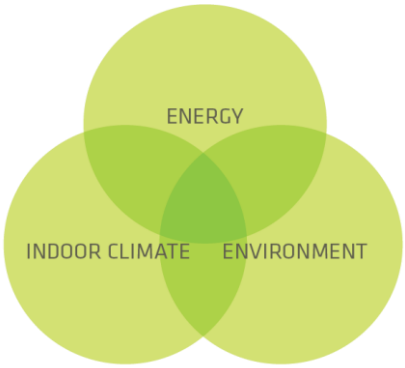
Tabel 3-2. Alternativt scenarie for udbygning i Vinge og CCP i år 2060.

Der bliver benyttet følgende milepæle for udbygningen: År 2015, 2020, 2025, 2030 og 2060.

3.2 Active House Vision

Active House er en vision om bygninger, der giver mere, end de tager ved at skabe et sundt og behageligt liv for sine brugere, med begrænset CO_2 udledning og uden negativ miljøpåvirkning.

Active House sætter rammerne for, hvordan man designer og renoverer bygninger. Bygningerne evalueres på samspillet mellem følgende tre parametre:



Figur 3-2. Sammenspillet mellem parametre i Active House visionen.

Energi:
Et Active House er energieffektivt, og hele dets energiforbrug dækkes af vedvarende energikilder integreret i bygningen eller i det lokale kollektive energisystem og elnet.

Indeklima:
Et Active House skaber sundere og mere komfortable forhold for brugerne inden døre med gode dagslysforhold og tilførsel af frisk luft. De anvendte materialer har en positiv indvirkning på komfort og indeklima.

Miljø:
Et Active House har en positiv indvirkning på miljøet, bl.a. i kraft af samspillet med den lokale kontekst, bevidst anvendelse af ressourcer og den samlede miljøpåvirkning i hele bygningens livscyklus.

3.2.1 Active House Principper

Et væsentligt princip for Active House konceptet er at skabe integration mellem energi, indeklima og miljø, hvor de menneskelige behov sættes i centrum.

Energi

Omkring 40 % af den energi der bruges i den vestlige verden, bruges til drift af bygninger og derfor er det nødvendigt at reducerer energibehovet, ikke kun til opvarmning, men i ligeså høj grad til varmt vand, belysning, ventilation og køling. Active House sætter ikke specifikke krav til varmeforbrug, men fokuserer på alle former for energiforbrug og sætter specifikke krav til det samlede energiforbrug, anvendelse af vedvarende energi.

Der lægges op til at man i videst muligt omfang udnytter passive tiltag i bygningen, herunder udnytter de naturlige ressourcer i form af passiv solvarme til opvarmning, naturlig ventilation til køling, dagslys til el besparelser, termiske og varme akkumulerende konstruktioner, fleksible og dynamiske konstruktioner til afskærmning, m.v.

Energiforbruget skal dækkes af vedvarende energi, som enten er integreret i bygningen eller i nærliggende energi/fjernvarmesystem, hvilket betyder at det kan være et lokalt fjernvarmesystem baseret på vedvarende energi og et lokalt elsystem baseret på f.eks. solceller eller lokale vindmøller.

Indeklima

I den vestlige verden tilbringer mennesket omkring 90 % af sin tid i bygninger og derfor er det af afgørende betydning at fremtidens lavenergibyggeri udvikles med fokus på sundhed og velvære for brugerne af bygninger.

Active House tager udgangspunkt i at indeklimaet skal være sundt og godt. Der sættes en række krav til tilfredsstillende dagslysforhold, med særligt fokus på en differentiering af kravniveauet afhængig af anvendelsen af rummende.

Der sættes ligeledes en række krav til termisk komfort, som bliver en væsentlig parameter i fremtidens lavenergibyggeri.

Aalborg Universitet har gennemført en analyse af indeklimaforholdene i en række lavenergihuse. Med udgangspunkt den pågældende rapport anbefales det, at der sættes særlige krav og fokus på indeklimaområdet, da der ellers kan være risiko for både overophedning om sommeren og manglende varme om vinteren.

Active House sætter derfor ambitiøse krav til termisk komfort, bl.a. sommer og vinter inde temperatur.

Miljø

Kravene til miljø øges betydeligt i fremtiden, bl.a. i form af at sætte krav til LCA og LCC vurderinger af byggeriet. Revisionen af EU byggevarer direktiv har bl.a. medført at der sættes en række krav til oplysning om byggematerialers miljøpåvirkning, hvilket træder i kraft medio 2013.

Active House sætter fokus på miljø i form af nogle simple LCA vurderinger af byggeriet, ligesom der sættes en række krav til vandforbrug, anvendelse af ikke forny bare ressourcer, udledninger til omgivelserne, samt bygningens samspil med omgivelserne.

3.3 Energiforbrug i bygninger

Der fastsættes en række standard nøgletal for hhv. varmebehov, elektricitet og evt. køling for bygningerne i Vinge. Nøgletallene skal anvendes i scenariemodellerne og skal foreløbigt gælde bygningstyperne boliger, kontor, erhverv og institutioner, samt produktionsareal. Ifølge Frederikssund Kommune og Frederikssund Erhverv, er der ikke planlagt industrielle aktiviteter og dermed procesenergi i Vinge eller CCP.

Nybyggeriet skal som udgangspunkt opfylde bygningsreglements krav til energirammer for nybyggeri i 2020 (tabel 3-3), men bør være CO_2 neutral og dermed opfylde Active House kravniveauerne.

Bygningsklasse	Standard (BR10) kWh/m²	2015 kWh/m²	2020 kWh/m²
Boliger, kollegier, hoteller m.m. *Maksimalt primær energiforbrug til opvarmning, varmt vand, tekniske installationer og køling. Eks. belysning*	52,5 + (1650/A)	30 + (1000/A)	20
Kontorer, skoler, institutioner m.m. *Maksimalt primær energiforbrug til opvarmning, varmt vand, tekniske installationer og køling og belysning.*	71,3 + (1650/A)	41 + (1000/A)	25

Tabel 3-3. Energirammer for nybyggeri (BR10). A = opvarmet etageareal (m2).

Nybyggeri skal have foretaget en teoretisk beregning, der viser at det overholder kravspecifikationerne i forhold til energirammen. I bygningsreglementet er der ikke inddraget brugeradfærd og -variationer, og det opleves ofte i praksis, at det faktiske forbrug overstiger det teoretisk beregnede energibehov. I forhold til varme- og energiplanlægning er det derfor en vigtig forudsætning at tage udgangspunkt i energibehov inkluderet forventet brugeradfærd og –variationer, således at dimensionering af især varmeforsyningsalternativer, har tilstrækkelig kapacitet.

Teknologisk Institut, VELUX og Rambøll råder hver især over en række forskellige nøgletal fra forskellige byudviklingsprojekter. I det følgende gennemgås de udvalgte nøgletal som rådgivergruppen har besluttet, skal danne forudsætningsgrundlaget for beregning af scenariemodellernes netto energibehov. Det skal bemærkes at nøgletallene er udtrykt som energibehov pr. m^2 pr. år.

I tabel 3-4 ses Rambølls nøgletal for beregninger af bygningers energibehov i den nye bydel Nordhavnen i København.

Nordhavn nøgletal	Energibehov inkl. brugervariation
Boliger	
El (kWh/m²)	**22**
Varme (kWh/m²)	**42**
- heraf rumopvarmning	25
- heraf varmt vand	17
Kontorer, institutioner, m.v.	
El (kWh/m²)	**48**
Varme (kWh/m²)	**35**
- heraf rumopvarmning	30
- heraf varmt vand	5
Køling (kun kontor/erhverv)	**37**

Tabel 3-4. Anvendte nøgletal for energibehov i den nye bydel Nordhavnen.

Nøgletallene fra Nordhavns-projektet er baseret på, at bygningerne forsynes med en klimaskærm som er optimeret til at opnå de laveste samlede omkostninger til energi (energiforsyningsomkostninger samt investering i energibesparende klimaskærm). Energibehov til køling er i denne sammenhæng baseret på konkrete kontorbyggerier og simuleringer af et "Nordhavn kontorhus".

Tabel 3-5 viser nøgletal for energibehov i udvalgte Active House boliger og kontorer. Erfaringer fra aktuelle Active House-projekter, samt andre lavenergibyggeri, viser at energiforbruget er forskelligt fra det beregnede. Derfor bør det overvejes at dimensionere energisystemet i forhold til et større energibehov.

Active House nøgletal	Energibehov/Bygningskrav
Boliger	*kWh/m²*
El	**15**
- tekniske installationer	5
- hårde hvidevarer, apparater og belysning*	10
Varme	**30**
- heraf rumopvarmning	15
- heraf varmt vand	15
Kontorer, institutioner, m.v.	
El	**19**
- tekniske installationer	5
- ventilation	2
- Belysning	2
- Apparater og andet udstyr	10
Varme	**20**
- heraf rumopvarmning	15
- heraf varmt vand	5

Tabel 3-5. Anvendte nøgletal for energiforbrug Active House boliger. *Energibehov for en husstand med 2 voksne og 2 børn og forventet A mærkede produkter.

Energiforbruget i Active House projekterne fordeler sig i henhold til nedenstående tabel 3-6, hvor der er regnet med to forskellige elforbrug, afhængig af om der anvendes varmepumper i bygningen, eller om bygningen opvarmes fra et nærliggende decentralt fjernvarmesystem. Rumopvarmning og varmtvandsbehovet er uafhængig af forsyningsformen.

Fordeling af energiforbrug i bolig, kontor og institutioner												
[% af årligt energiforbrug]	jan	feb	mar	april	maj	juni	juli	august	sept	okt	nov	dec
Rumopvarmning	24%	17%	16%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	12%	19%
Varmtvandsbehov	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
El forbrug [1)]	15%	11%	11%	8%	6%	5%	5%	5%	5%	7%	10%	13%
Elforbrug [2)]	10%	8%	8%	8%	8%	8%	7%	8%	8%	8%	9%	9%

Note 1) El forbrug i bygning med lokale varmepumper

Note 2) Elforbrug i bygning uden lokale varmepumper

Tabel 3-6. Fordeling af energiforbrug i bolig, kontor og institutioner. Active House.

Skemaet gælder for såvel boliger, kontorer og institutioner, da energibehovet er næsten helt ens i de pågældende måneder.

3.4 Anvendte nøgletal for energibehov

Efter gennemgang af rådgivernes erfarings- og nøgletal for bygningers energibehov, er der udvalgt følgende standard nøgletal, der anvendes i energiforsyningsscenarierne for Vinge og CCP i Frederikssund Kommune. Følgende tabel 3-7 viser de fastsatte nøgletal for areal og energibehov i bygningsenheder med forskellige anvendelsesformål, som anvendes i scenariemodellerne.

Bygningstype		**Areal**		**Årligt energibehov**		
		Juridisk enhed	**pr. forsynings-punkt/central**	**Varme (RV/VV)**	**El (tek./app.)**	**Køling**
		m^2/enhed	*m^2/enhed*	*kWh/m^2*	*kWh/m^2*	*kWh/m^2*
Boliger	Tæt-Lav bolig	150	>=150	15/15	5/25	0
	Etagebolig	120	>=120	15/15	5/25	0
Kontor, erhverv, institution m.m.	Kontor/erhverv	2.000	2.000	15/5	10/20	0[1]
	Produktionsareal	4.000	4.000	15/5	10/20	0
	Skole	3.500	3.500	15/5	10/20	0
	Børneinstitution	1.500	1.500	15/5	10/20	0

Tabel 3-7. Foreslået nøgletal til beregning af energibehov i scenarierne for Vinge og CCP. RV = rumvarme, VV = varmt brugsvand. Graddage uafhængigt varmeforbrug (GUF) er sat til 50 %. Tek. = tekniske installationer, app. = apparater/appliances.

Opvarmet areal pr. bygningsenhed, er vurderet ud fra Frederikssund Kommunes oplyste forudsætninger omkring grundarealer for Vinge. Formålet med opdelingen af opvarmet areal i juridiske enhed og pr. forsyningspunkt/central, er at det ikke nødvendigvis altid følger hinanden afhængig af varmeforsyningstype. F.eks. kan der etableres en fælles central i en boligblok til forsyning af flere individuelle lejligheder. Det antages at den årlige fordeling af energiforbrug i boliger, kontorer og institutioner følger tabel 3-6, samt at bygninger opføres efter Active House principper eller tilsvarende.

Nuværende erfaringer fra lavenergibyggerierne viser, at der ved manglende solindstråling om vinteren kan være behov for at varmefordelingssystemet hurtigt kan regulere rumtemperaturen. Problemet kan imødegås ved f.eks. at benytte radiatorer til rumopvarmning som er forudsat i beregningerne vedrørende afsnit 8.

Eftersom grundforudsætningerne for udbygningen er opdelt i yderligere anvendelsesformål for bygninger, end hvad rådgivergruppens nøgletal råder over, kan det diskuteres om en differentiering af nøgletallene inden for henholdsvis boliger og kontor, erhverv, m.m. er nødvendig. F.eks. kunne nøgletallene differentieres ud fra arealet af den pågældende type af bygningsenhed, på samme vis som i BR10. I det samlede billede vil en marginal differentiering dog næppe give en væsentlig ændring.

3.4.1 Køling

Som udgangspunkt skal køling undgås og etableres ved korrekt design af bygninger og uden brug af energi, f.eks. i form af naturlig ventilation og solafskærmning. Kravene i bygningsreglementets 2020 klasse omkring sommerforhold skal overholdes. Det antages desuden, at nybyggeri af kontor og erhverv designes uden investeringer i køleanlæg.

Energibehov til køling indgår således ikke i scenariemodellerne. Der skal derfor laves særskilte beregninger af kølebehov i kontor/erhverv når og såfremt virksomheder i Vinge ikke kan køles ved passive teknologier og derfor kræver køling i bygningen.

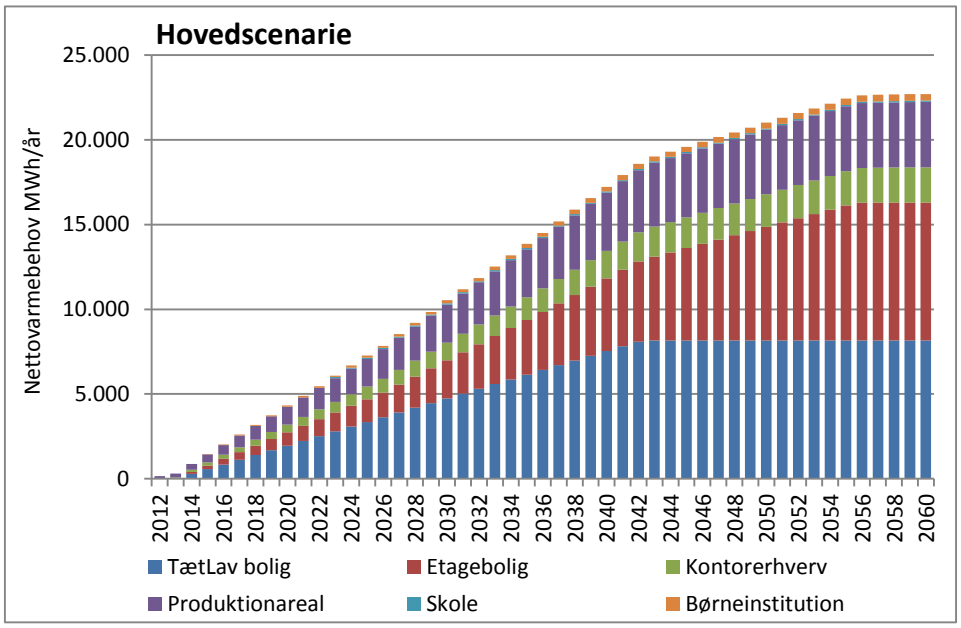
[1] Se afsnit 3.4.1 om køling.

4. ENERGIBEHOV

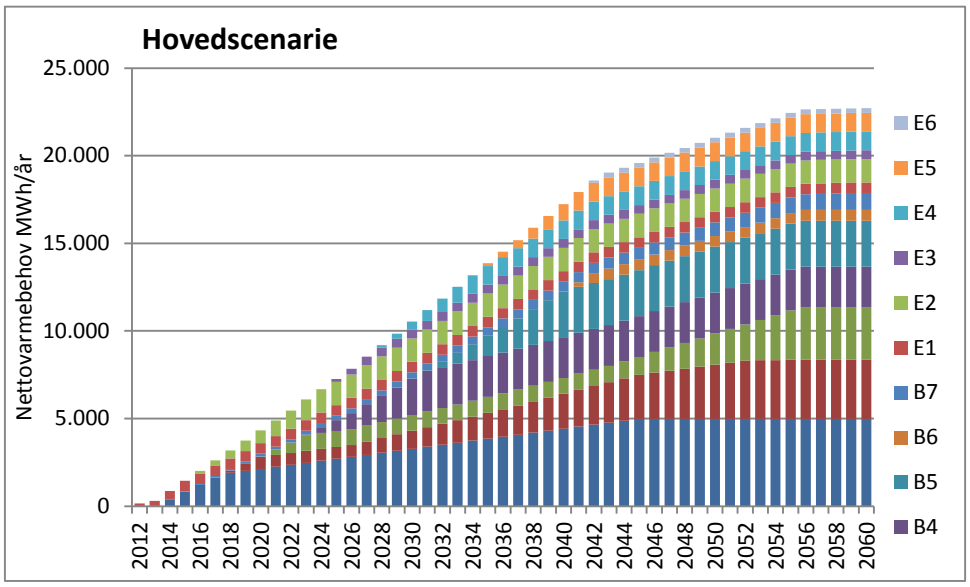
I det følgende gennemgås de beregnede energibehov i de to udbygningsscenarier på baggrund af de fremsatte forudsætninger.

4.1 Varme

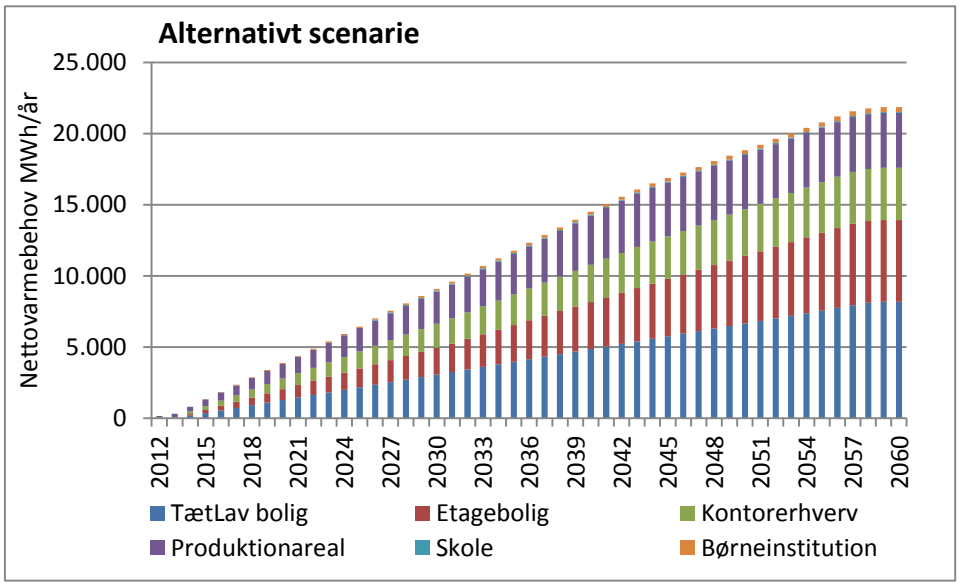
Det samlede nettovarmebehov i bydelen og erhvervsparken ved de to udbygningsscenarier ses i de følgende figurer, henholdsvis ud fra bygningsanvendelsen og etapeudbygningen (bolig- og erhvervsområder).



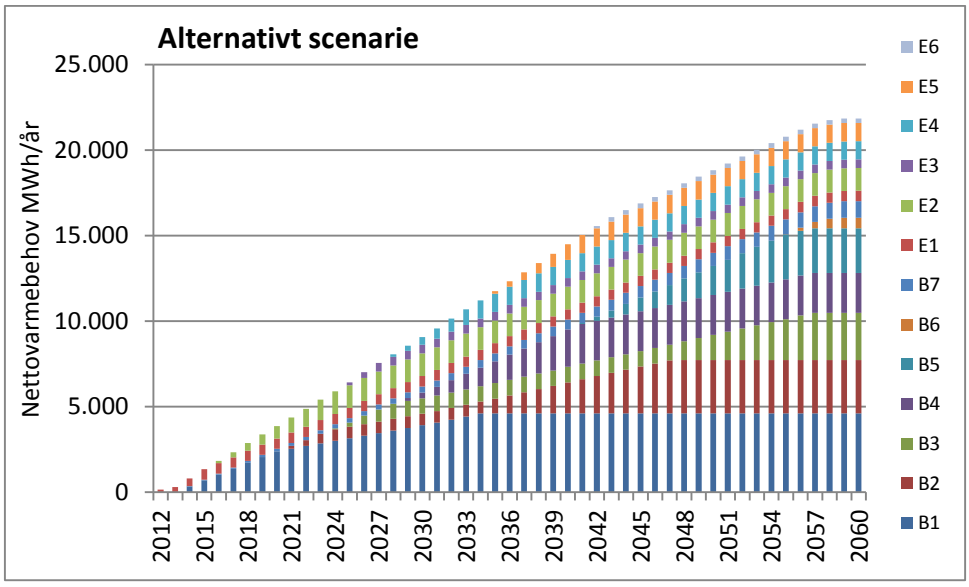
Figur 4-1. Årligt nettovarmebehov i hovedscenariet fordelt på bygningsanvendelse.



Figur 4-2. Årligt nettovarmebehov i hovedscenariet fordelt på udbygningsetaperne.



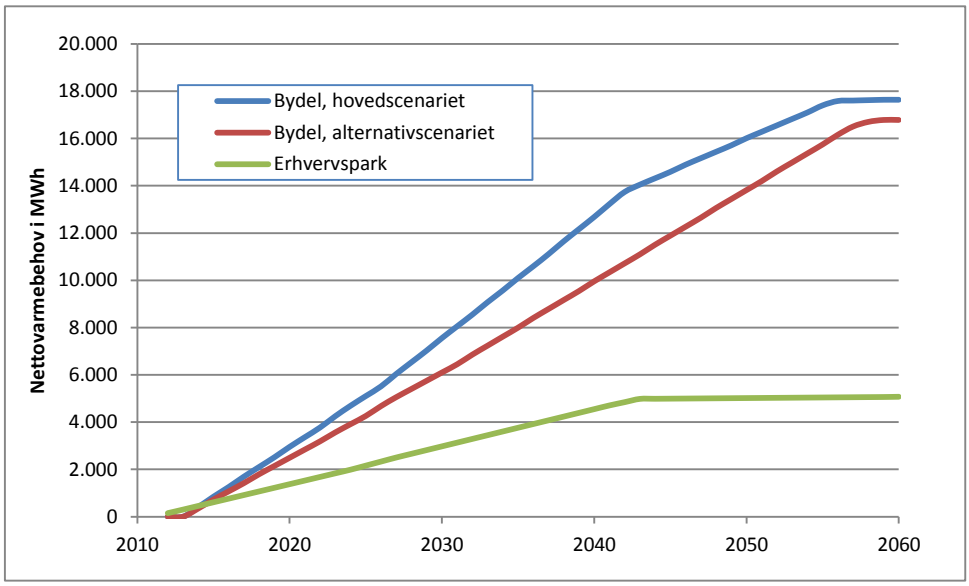
Figur 4-3. Årligt nettovarmebehov i det alternative scenarie fordelt på bygningsanvendelse.



Figur 4-4. Årligt nettovarmebehov det alternative scenarie fordelt på udbygningsetaperne.

Det bemærkes, at der ikke er den store forskel i de to scenarier i udviklingen af det samlede nettovarmebehov, dog øges nettovarmebehovet mere hastigt i hovedscenariet, grundet den højere forventning til indbyggertal.

Bydelen i hovedscenariet vil således have et lidt større varmebehov end det alternative udbygningsscenarie, som vist på følgende figur 4-5. Udbygningen af erhvervsparken CCP, der antages ens i de to scenarier, er også vist i figur 4-5.

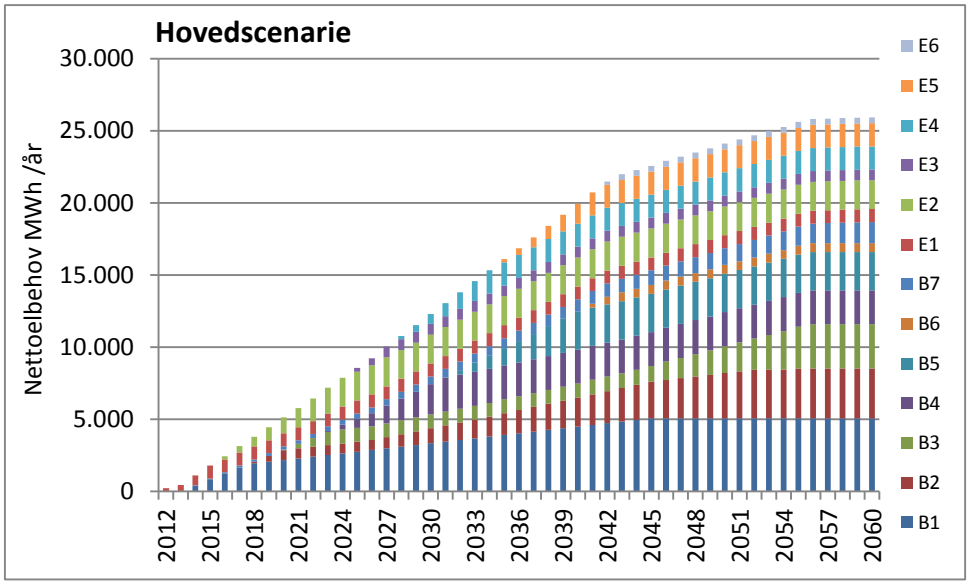


Figur 4-5. Varmebehov i Vinge og erhvervsparken CCP i hoved- og alternativt scenarie.

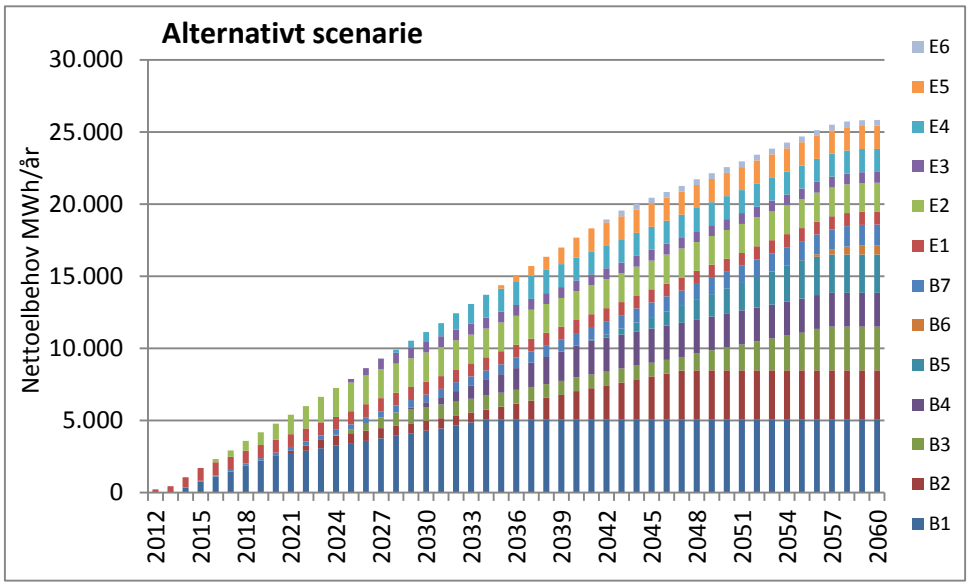
Det er forøgelsen af etageboliger, der giver det øgede varmebehov i hovedscenariet i forhold til det alternative scenarie.

4.2 Elektricitet

I de følgende figurer er vist nettoelbehovet fordelt på udbygningsetaper for henholdsvis hoved-scenariet og det alternative scenarie.



Figur 4-6. Nettoelbehov i hovedscenariet fordelt på udbygningsetaper.



Figur 4-7. Nettoelbehov i det alternative scenarie fordelt på udbygningsetaper.

5. DECENTRALT ENERGIFORSYNING

5.1 Definition

Det decentrale energiscenarie har til formål, at undersøge hvorledes det er muligt at forsyne de enkelte bygninger i Vinge via energi produceret på bygningen eller den tilhørende matrikel. Produktionen af energien består i produktion af el til tekniske installationer, apparater i bygningen, samt varme til rumvarme og varmt brugsvand.

Produktionen af el og varme skal foregå på en CO_2-neutral vis. Dog behøver bygningen blot at være CO_2-neutral over et år fra år 1 jf. afsnit 2.2.1.

Der er i scenarierne set bort fra **el-biler**, under den antagelse, at energiforbruget hertil suppleres af vindmøller om natten og dermed indgår i det centrale energiscenarie.

5.2 Forudsætninger for den decentrale energiforsyning

Det er blevet valgt ikke at frakoble bygninger el-nettet. Dette er valgt, da det er økonomisk urentabel at se bygninger som 100 % individuelle øer uden nogen mulighed for at udveksle el med det omkringliggende el-net, hvis det er muligt at koble bygningerne på dette net.

Ved opkobling til el-nettet kan bygninger bruge energi fra el-nettet i perioder hvor egenproduktionen af el ikke er tilstrækkelig. Da dette el kommer fra el-nettet, vil den forbrugte el på nuværende tidspunkt ikke være CO_2-neutral. Dette CO_2 udslip kan der kompenseres for ved at levere el tilbage til el-nettet i form af el produceret CO_2-neutralt.

Den samlede udledning af drivhusgasser bliver da ud fra en nettobetragtning lig nul, set over et år, og el-nettet fungerer derved som en "buffer" for den årlige el-produktion.

På varmesiden ses bygningen som værende helt decentral, altså er der ikke etableret et fjernvarmenet. Der er altså ingen etableringsomkostninger til et fjernvarmenet. Bygningens varmebehov skal opfyldes ved produktion på bygningen eller matriklen. Vekslende varmebehov kontra vekslende produktion kan evt. imødekommes med et varmelager (i størrelsen fra få timer til få dages buffer).

Bygningerne er altså en såkaldt Net Zero Energy Building[2], da produktion og forbrug af el og varme blot skal udjævnes over et år.

5.3 Opbygning af lavenergihuse med lavt energiforbrug.

Opbygningen af lavenergihuse i Vinge skal ske ud fra en grundlæggende optimering af bygningsform, valg af energieffektive materialer, den lokale kontekst, med adgangsveje og udsyn i henhold til omgivelserne. Derudover skal bygningskrop og form optimeres til at udnytte solenergien, både i forhold til solceller, termisk solvarme og passiv solvarme. Bygningskrop og form skal desuden tilgodese udnyttelse af passiv køling, naturlig ventilation, solafskærmning m.v. således at bygningen ikke behøver mekanisk køling i sommerperioden. Benyttelse af naturlig ventilation til ventilation uden for fyringssæsonen vil være med til at spare både el og være med til at fjerne overophedning.

Et terningformet hus giver det mindste varmetab. To etager giver bedre mulighed for naturlig ventilation, men mindre tagflade til solenergi. Hvorledes huset skal være bedst termisk isolerende eller energiproducerende, er altså bl.a. bestemmende for valget imellem ét eller to planer.

Husene skal placeres og udformes således, at der er optimale forhold for at udnytte solenergi.

Der er i udgangspunktet valgt at se bort fra gasbaseret energiforsyning samt elvarme/elpaneler i det der er valgt et vandbårent varmesystem der giver bedre komfort og desuden mulighed for

[2] Net Zero Energy Building – En bygning der producerer samme mængde energi som den forbruger over et år.

indpasning af VE-teknologier (ud fra ønske om CO2-neutralitet) kombineret med varmeakkumulator på bygningsniveau.

Som varmefordelingssystem er gulvvarme bedst ved brug af en varmepumpe, idet fremløbstemperaturen til fordelersystemet i huset da bliver lavest.

Radiatorer er hurtigere at regulere end gulvvarme, men radiatorer kræver en høj fremløbstemperatur, hvis det varmeoverførende areal ikke skal være meget stort. Muligheden for at regulere temperaturen i bygningen hurtigt kontra effektiviteten af opvarmningssystemet skal altså afvejes.

Den strengeste bygningsklasse er pt. bygningsklasse 2020. Idet varmebehovet for bygningen vil være nul, vil bygningens energibehov overholde energibehovet for bygningsklasse 2020. I det decentrale scenarie vil det derfor være fornuftigt at overholde de resterende krav for bygningsklasse 2020, da bygningerne da vil overholde de pt. strengest gældende krav. Ifølge Bygningsklasse 2020 må fordelersystemet ikke alene være luftbåret varmefordeling, så denne type fordelersystem kan ikke stå alene. Varmenormen foreskriver endvidere at bygningens individuelle rum skal kunne reguleres individuelt hvilket kan være med til at komplicere visse varmefordelingssystemer.

Følgende figur viser et af mange eksempler på hvorledes bygningsklasse 2020 kan opnås. Eksemplet viser hvilke krav der bl.a. kan stilles til klimaskærmen. Dog er der i eksemplet stadig benyttet naturgas til opvarmning (se rød ring) og el-behovet opfyldes fra el-nettet. Disse to faktorer skal altså elimineres for at lave det decentrale selvforsynende lavenergihus.

		BR10	2015	2020
Klimaskærm	**BR 2008**	**Lavenergi 2**	**Lavenergi 1**	**Lavenergi 0**
U-værdi, ydervægge	0,20	0,15	0,12	0,09
U-værdi, terrændæk med gulvvarme	0,12	0,09	0,07	0,05
U-værdi, loft- og tagkonstruktioner	0,15	0,12	0,09	0,07
Linietab, fundamenter med gulvvarme	0,12	0,09	0,07	0,05
Linietab, vinduessamlinger	0,03	0,02	0,02	0,02
U-værdi, vinduer og yderdøre	1,50	1,20	1,00	0,70
g_g-værdi, vinduer og yderdøre	0,63	0,50	0,50	0,50
Glasandel [%], vinduer og yderdøre	70	70	80	80
Vinduesandel af etageareal [%]	29	29	29	29
Installationer	**BR 2008**	**Lavenergi 2**	**Lavenergi 1**	**Lavenergi 0**
Varmeforsyning	N-gas	N-gas	N-gas	N-gas
Kedel	Kondens.	Kondens.	Kondens.	Kondens.
Varmetvandsbeholder	Ja	Ja	Ja	Ja
Varmeanlæg	Gulvvarme	Gulvvarme	Gulvvarme	Gulvvarme
Solvarme, type	-	-	Brugsvand	Kombineret VBV+RV
Behovsstyret pumpe, maks. effekt [W]	60	25	25	25
Ventilationsform	Naturlig	MEK VGV	MEK VGV	MEK VGV
Lufttæthed, infiltration [l/s/m^2]	-	0,100	0,085	0,070
Temperaturvirkningsgrad [-]	-	0,85	0,85	0,85
Elforbrug, SEL [J/m^3]	-	1000	800	800

Tabel 5-1. Bygningsklassers krav (DTU, 2009).

5.3.1 Vigtige faktorer ved opbygning af lavenergihuse

Overophedning kan være et problem i forbindelse med lavenergibyggeri. Dette kan undgås med solafskærmning, naturlig ventilation og termiske masse. Specielt for kontorbyggeri er det vigtigt af en lav intern varmelast er i fokus.

Ved konstruktion af lavenergihuse kan underdimensionering af varmeanlæg hænde. Dog kræver bygningsklasse 2020 at varmeanlægget overdimensioneres, da bygningen en kold dag ellers ikke kan genopvarmes. Såfremt det ønskes at opnå bygningsklasse 2020 er underdimensionering altså ikke et problem.

Behovstyret ventilation er vigtig for at nedbringe energiforbruget. Dog skal dette ikke være på bekostning af indeklimaet. Derfor er det vigtigt at kunne styre den indendørs temperatur, fugt- og CO_2-niveauer.
Forbruget vil være højere end dimensioneringsgrundlaget i starten grundet:

- Bygningen skal tørre
- Tilvænning af brugere
- Indstilling af anlæg
- Andet

Disse punkter kan resultere i et overforbrug af el som ikke kan imødekommes af produktionen. Dette kan evt. forstærkes af det faktum at solcellerne overproducerer el om sommeren og underproducerer om vinteren.

Såfremt mange bygninger etableres med decentral energiforsyning, kan blot underproduktionen af el om vinteren risikere at blive en belastning for de omkringliggende produktionsenheder og forsyningsstrenge. Derfor bør det mulige overforbrug og konsekvensen heraf undersøges, såfremt en større mængde bygninger etableres med en decentral energiforsyning.

5.4 Teknologier i det decentrale scenarie

Der er mange forskellige teknologier der kan anvendes i et decentralt scenarie. Hvilke teknologier der er fornuftige at benytte vil veksle alt afhængig af ønsket for den givne bygning og omstændighederne.

I de følgende afsnit er følgende teknologier behandlet:

- Varmepumper
- Solfangere
- Varmelager
- Solceller
- Husstandsvindmøller
- Brændselsceller
- Regenerativ varmegenvinding fra spildevand
- Regnvandsudnyttelse
- Solcelle-solfanger hybrid
- Solafskærmning
- Ventilation

Teknologierne vil være behandlet i forskellige detaljegrader.

Scenarierne tager udgangspunkt, i teknologier der findes på, eller er nær markedet, men søges tænkt så fremtidens endnu ukendte teknologier kan indarbejdes.

5.4.1 Teknologier benyttet til varmeforsyningen

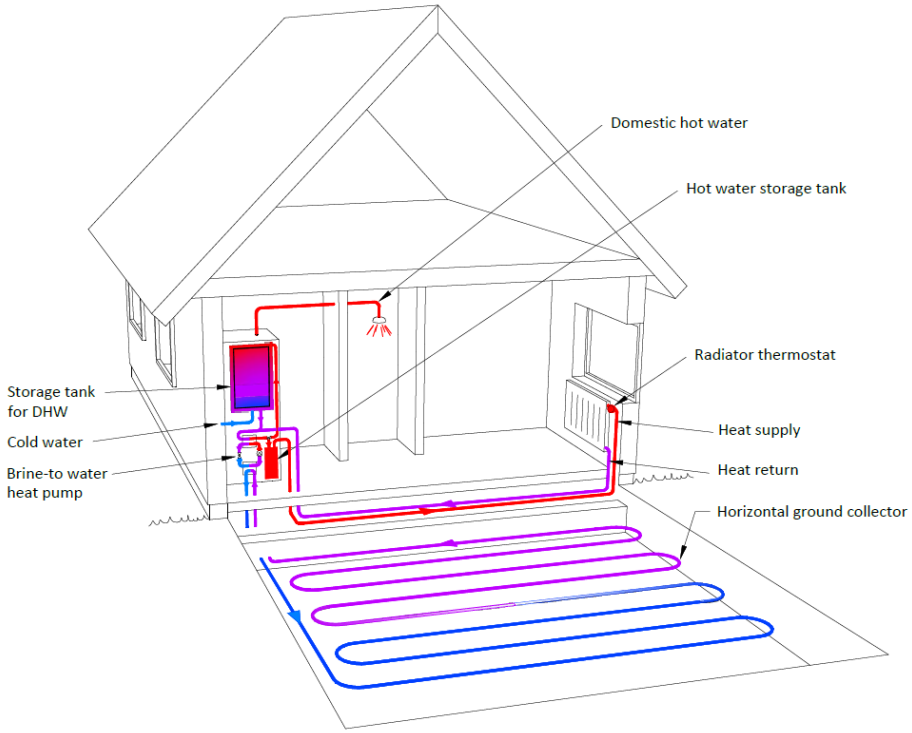
Varmepumper
Varmepumper kræver et energiinput der er lavere end den producerede varme output. Virkningsgraden for varmepumper er højest i de perioder hvor der er stor produktion og lavest i perioder med lav produktion. Det betyder at virkningsgraden er lav i de perioder hvor der kun skal produceres varmt vand. Varmepumpens årlige virkningsgrad afspejles igennem årsnyttevirkningen.

Det er valgt at benytte luft/vand og væske/vand varmepumper. Varmepumper vil både blive brugt til rumopvarmning og opvarmning af varmt brugsvand i det omfang det findes nødvendigt. Væske/luft og luft/luft varmepumper er ikke benyttet da bl.a. årsnyttevirkningen ikke er høj såfremt luft benyttes som kilde for fordelingen af varmen. Såfremt det ønskes at opnå bygningsklasse 2020 må luft ikke være eneste varmefordelende system (ifølge bygningsklasse 2020).

Dog kan luft/luft varmepumper evt. benyttes i forbindelse med boligventilationsvarmepumpe. Her kan varmeveksling med udeluft også benyttes.

For væske/vand varmepumperne er både lodrette boringer og vandrette jordslanger behandlet. Vandrette jordslanger er billigere end lodrette boringer. Derfor bør vandrette jordslanger benyttes såfremt pladsen er til det. Endvidere er lodrette boringer underlagt en række krav som kan give begrænsninger. I nogle tilfælde er der krav om og behov for at varmen skal føres tilbage (ved evt. køling af bygninger om sommeren). Lodrette boringer kan derfor især være fordelagtige såfremt der foreligger et kølebehov.

Væske/vand varmepumpe med jordslanger
Omtales i daglig tale som jordvarmeanlæg. Et sådant anlæg optager varme fra jordbunden via en frostsikret væske der løber i en jordslange gravet ned i omkring 0,6-1,5 meters dybde. Temperaturen af den optagede varmeenergi hæves da igennem en varmepumpe og afgives til en væskekreds i bygningen.

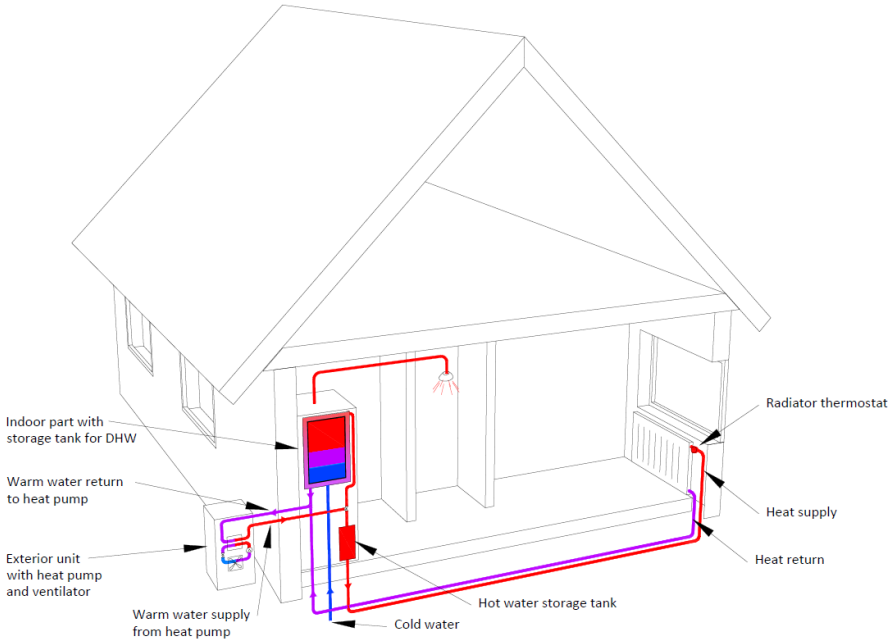


Figur 5-1. Væske/vand varmepumpe med jordslanger.

Ved installation af en væske/vand varmepumpe med jordslanger skal jordslangerne være dimensioneret til at kunne optage den ønskede mængde varme fra jorden.

Såfremt pladsen er tilgængelig vil der i Vinge blive benyttet varmepumper med jordslanger, da den højeste effektivitet for varmepumpen da opnås. Ved at vælge varmepumper med jordslanger undgås også den driftsmæssige variation som afisning af den eksterne fordamper som f.eks. luft/vand varmepumpe kræver.
Det er i bilag 1 blevet konkluderet, at varmepumper med jordslanger kan benyttes til bygningerne i Vinge med undtagelse af etagebyggerier og erhvervsbyggerier.

Luft/vand varmepumper
Generelt mindre komplicerede at installere end væske/vand varmepumper. En luft/vand varmepumpe kræver en ekstern luftvarmeveksler og denne kan udformes på mange forskellige måder. Her optager den eksterne luftvarmeveksler varme fra luften, temperaturen af den optagede varmeenergi hæves i en varmepumpe og varmen afgives i en væskekreds i bygningen.



Figur 5-2. Luft/vand varmepumpe.

Luft/vand varmepumper vil blive benyttet i Vinge i forbindelse med etagebyggeri – både bolig og erhverv. Dette er fordi, der for disse bygninger ikke er plads til, de jordslanger en væske/vand varmepumpe kræver. Grundet de mange udformningsmuligheder for den eksterne luftvarmeveksler, vil det ikke i de senere simuleringer blive undersøgt hvor vidt der er plads til den eksterne varmeveksler.

Solfangere
Kan være udformet på flere forskellige måder, men de forskellige typer fungerer i grunden på samme vis. De optager varme fra solen hvorefter varmen anvendes i bygningen enten til opvarmning af varmt brugsvand eller til opvarmning af både varmt brugsvand og opvarmning af bygningen.

Den mest almindelige brug af solfangere er dog til produktion af varmt brugsvand. Produktionen af varmt brugsvand dimensioneres ofte efter at behovet for varmt brugsvand dækkes uden for fyrringssæsonen.

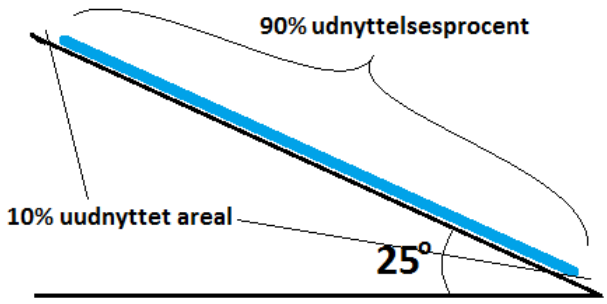
Virkningsgraden for solfangere kan for visse anlæg falde om vinteren pga. varmeveksling med omgivelserne. Derved sænkes ydelsen, og derved varmeoptaget.

Kombinationen med varmepumper og solfangere kan være attraktiv, da solvarmen producere mest i de perioder hvor varmepumperne har en lav COP (ved kun at producere varmt brugsvand) og mindst i de perioder hvor varmepumpen har en høj COP (producerer både rumopvarmning og varmt brugsvand). Dette indgår imidlertid ikke i de efterfølgende beregninger, da der kun regnes med en års årsnyttevirkningsgrad.

5.4.2 Teknologier der benyttes til elforsyningen

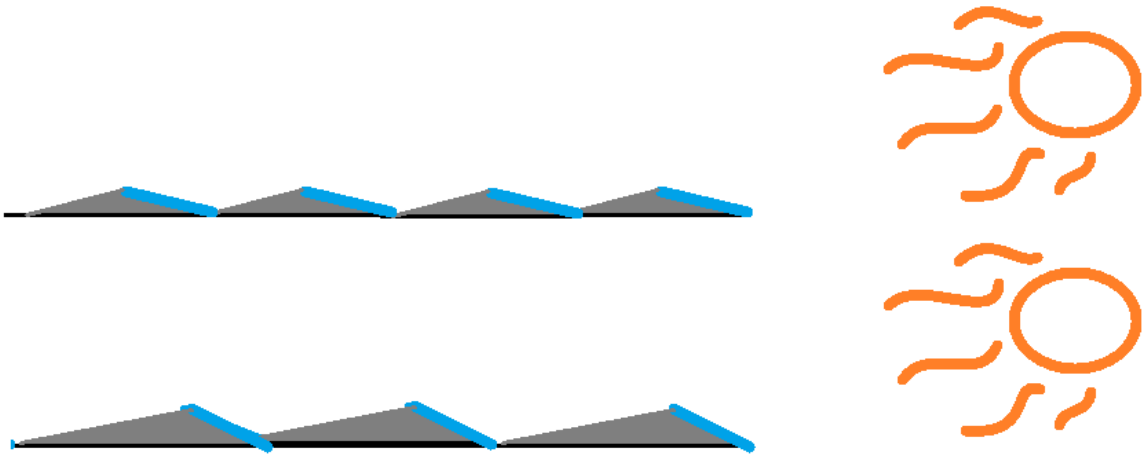
Solceller
De fleste solceller der installeres i øjeblikket er poly- og monokrystallinske, men flere teknologier vinder indpas. Blandt andet er tyndfilmssolceller interessante, da disse i større udstrækning muliggør bygningsintegrerede løsninger, hvor solceller ikke tidligere var mulige. Solceller benyttes til at dække en del af elforbruget og i det decentrale forsyningsscenarie er solceller en billig måde at opnå CO_2-neutralitet på. Optimalt placerede solceller vender mod syd med en 38° hældning. Rent arkitektonisk er det altså optimalt at integrere solcellerne ved denne hældning. En måde at installere solceller i den rette vinkel mod solen på fladt tag, er ved at hæve disse i en vinkel i forhold til taget. Disse solceller kan da placeres i rækker med en indbyrdes afstand der sikrer, at

disse ikke skygger for hinanden. Disse solcelle-"bølger" sikrer, at solcellerne vinkles mod solen frem for blot at blive placeret fladt på taget. Såfremt en større flade benyttes, vil ca. 90 % af taget kunne udnyttes til solceller (gælder solceller der monteres i plan med taget). Dette er illustreret på følgende illustration.



Figur 5-3. Udnyttelse af tagareal til solceller.

Hvis solcellerne løftes i "bølger" vil ca. 50 % af tagarealet kunne udnyttes, hvis cellerne løftes 15° og ca. 33 % af taget benyttes ved celler der er rejst i en vinkel på 25°. Dette skyldes skyggevirkningen. Problematikken er vist på følgende to illustrationer der først viser solceller hævet i en vinkel på 25° og efterfølgende 15°.



Figur 5-4. Solceller ved 15° og 25° vinkel.

De lave udnyttelsesprocenter er grundet den lave solindfaldsvinkel i de kolde måneder. Når bygningen designes vil det derfor være mest fornuftigt at vinkle tagene mod syd da en større udnyttelsesprocent kan opnås. En fornuftig taghældning er imellem 15-30° såfremt det ønskes at hele tagfladen hælder samme vej. Solceller antages normalt at være selvrensende fra omkring 15°, og effekten ved at hæve solcellerne over 25° er ikke stor. Derfor benyttes der i de kommende scenarier solceller der er vinklet 25°.

Det er ligeledes muligt at benytte solceller på lodrette flader af bygningerne såfremt dette er nødvendigt for at opnå tilstrækkelig el-produktion. Udnyttelsesgraden af disse vil variere stærkt afhængigt af hvorledes bygningen udformes. Effekten af solceller monteret på lodrette flader er ca. 80 % af effektiviteten af solceller monteret i en vinkel på 25° i forhold til vandret.

Solceller vil i det decentrale energiscenarie blive installeret på bygningerne. Dog, såfremt der ikke er plads på bygningerne, kan disse også installeres alternative steder i bymiljøet. Såfremt solcellerne installeres i bymiljøet findes der ekstra hærværksikrede løsninger, men ofte bruger man de samme celler som på bygninger.

Tyndfilmssolceller muliggør at installere solceller hvor solceller tidligere ikke blev installeret pga. kurvede overflader, ønskede arkitektoniske indtryk, osv. Tyndfilmssolceller er mindre effektive,

men billigere og gør det lettere at dække et stort arealer (f.eks. krumme plast-tage på cykelskure, overdækkede cykelstier etc.)

5.5 Teknologier der er overvejet men ikke anvendt

Udgangspunkt for det decentrale energiscenarie er, at senere energiteknologiske fremstød ikke må være udelukket grundet nutidige valg af energiteknologier.

Dog vil der være teknologier som ved fremtidig integration, vil kræve for store ombygninger af bygninger eller energisystem, hvorfor de vil være mindre anvendelige.

Tilsvarende vil der være energiteknologier der ikke er vurderet rede til anvendelse i deres nuværende form.

Følgende energiteknologier er ikke vurderet rede til anvendelse:

Husstandsvindmøller
Er vurderet uhensigtsmæssige i denne sammenhæng. Disse anvendes oftest på både, bygninger langt væk fra mulig opkobling til el-nettet, eller lignende. Teknologien kan enten anvendes alene eller sammen med andre teknologier. Såfremt opkobling til el-nettet ikke er mulig kan husstandsvindmøller, i kombination med andre teknologier, være med til at gøre energiforsyningen for den enkelte bygning mere stabil.
Fra et privatøkonomisk synspunkt kan husstandsvindmøller vise sig at være fornuftige. Dog fra et samfundsøkonomisk synspunkt er det for huse der er koblet til el-nettet mere fornuftigt at investere i større vindmøller.
For et decentralt forsyningsscenarie hvor den enkelte bygning har opkobling til el-nettet, vil el-produktion fra husstandsvindmøller ske på præcis samme tid som den store el-produktion fra de store vindmøller på el-nettet. Derfor er husstandsvindmøller ikke et optimalt supplement i energiforsyningen og fravalgt her.

Brændselsceller
Brændselsceller er som udgangspunkt ikke behandlet, da disse kan kræve energi tilført i form af brændsel udefra. Hvorledes brændselscelleteknologien kan blive integreret på et fremtidigt tidspunkt er uvist. Brændselscelleteknologien kan dog være underlagt nutidige beslutninger, da det nutidige valg af teknologier vil udlægge de fysiske rammer. Muligheden for at implementere brændselsceller i det decentrale forsyningsscenarie kan altså kræve store tekniske og fysiske ændringer.

5.6 Teknologier med potentiale men ikke medtaget i simulering

Potentialet for visse teknologier er til stede nu, men bliver ikke udnyttet grundet forskellige barrierer. Barrierer som formentlig kan overkommes i fremtiden. Teknologierne kan også blive relevante i fremtiden grundet meget høje krav til energireduktion og CO_2 reduktion. Dette kan være med til at fremme disse teknologier.

Endvidere vil der også eksistere teknologier, hvor potentialet er højt, men hvor størrelsen af den kilde hvorfra energien optages er meget svingende i størrelse.

Regenerativ varmegenvinding fra spildevand.
Denne teknologi kræver blot et energiinput til pumper i forbindelse med varmevekslende systemer eller energiinput til f.eks. en varmepumpe. Herved er det muligt at udnytte en stor del af den energi der ellers blive ført ud med spildevandet. Tidligere studier har vist at varmegenvinding fra spildevand er underlagt store udfordringer (Waste Water Heat Consortium, 2007). Denne teknologi har endnu ikke mødt sit fulde potentiale og er derfor ikke medtaget.

Se mere om evt. synergier mellem energi- og vandforsyningen til Vinge i kapitel 14.

Regnvandsudnyttelse
Kræver el til cirkulationspumper og filtrering. Altså vil udnyttelse af regnvand i boligen ofte resultere i øget energiforbrug.

Økonomisk set er besparelsen ved at udnytte regnvand i øjeblikket også lille. Udnyttelse af regnvand kræver to fordelingssystemer i bygningen og den tidligere nævnte mængde energi. Med mindre priserne på almindeligt brugsvand stiger er den økonomiske gevinst ved regnvandsudnyttelse forsvindende eller ikke eksisterende.

En vigtig faktor i forbindelse med regnvandsudnyttelse er dog en reduktion af regnvand til kloaknettet, som i nogle tilfælde kan være en vigtig faktor. Dette kan dog også reduceres ved andre foranstaltninger.

Se mere om evt. synergier mellem energi- og vandforsyningen til Vinge i kapitel 14.

Solcelle-solfanger hybrid
Denne teknologi viser i øjeblikket et stort muligt fremtidigt potentiale pga. den bedre arealudnyttelse. Dog er de kommercialiserede solcelle-solfanger hybrid produkter meget dyre og effektiviteten af disse er ikke store nok. Derfor er denne teknologi ikke benyttet.

5.7 Teknologier der benyttes i forbindelse med bygningen

Solafskærmning
Benyttes for at undgå overophedning i bygningen. Denne skal være mekanisk med automatisk styring af vinduer med væsentlig betydning for solindfaldet.

Ventilation
Ventilation bør være hybridventilation, hvor naturlig ventilation, der er ventilation uden brug af energi, har første prioritet, suppleret med mekanisk ventilation med lav SEL-faktor (Specifikt Elforbrug til Lufttransport), en god varmegenvinding og behovsstyring. Denne kan evt. også benyttes i forbindelse med en varmepumpe.
For at reducere energibehovet mest muligt bør man benytte sig af behovsstyret ventilation og en ventilationsstrategi der er dynamisk i forhold til udeklimaet.

Temperatursænkning
For at reducere energibehovet til rumopvarmning er det muligt at lave natsænkning hvor temperaturen sænkes i lokaler eller hele bygningen.

Varmelager
Til varmelagring kan benyttes en brugsvandstank, solvarmebeholder, gulv(varme), tunge vægge, etc.

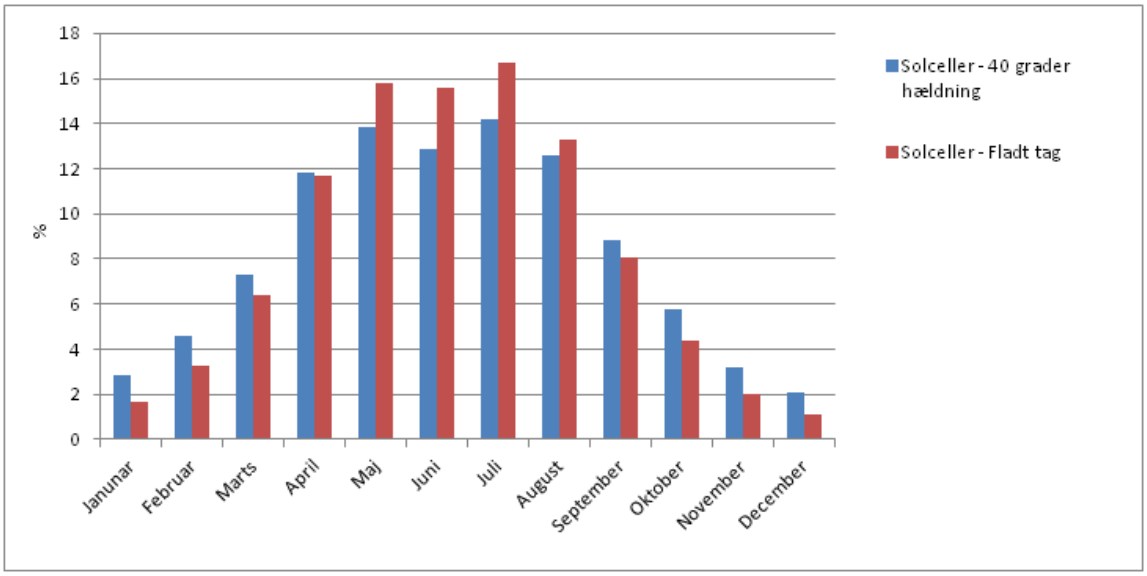
Prisen pr. lagret enhed er billigere ved store lagre. Dog kan den procentvise udskiftning i et lager, der anvendes i forbindelse med et givent energibehov, falde som lagerets størrelse stiger. Omkostningerne pr. lagret enhed over en periode vil derfor ofte være lavere for mindre varmelagre (med væske) end for store varmelagre. Den større mulighed for lagring ved store lagre gør det dog f.eks. muligt ikke blot at lagre varmt brugsvand, men også varme til opvarmning til en bygning Herved kan varme produceres når energi til produktion er til rådighed.

5.8 Potentiale for de benyttede teknologier

Potentialet for de anvendte teknologier vil variere over året.

5.8.1 Solcellers potentiale

For solceller ses et eksempel på følgende figur:



Figur 5-5. Månedlig procentvis fordeling af årlig elproduktion fra solceller.

Figuren viser det årlige potentiale for solceller på fladt tag og solceller der hælder 40 grader. Ikke afspejlet er forskellen i kapaciteten for de to forskellige vinkler, men blot den månedsvise produktion som procent af den samlede års produktion. Alt afhængig af den installerede kapacitet kan produktionen af f.eks. el risikere at være for lille om vinteren og for stor om sommeren. Om vinteren har solcellerne en lille produktion og der er derfor behov for el tilført via el-nettet. Modsat forholder det sig om sommeren hvor solcellerne producerer store mængder el. Overskuddet af el produceret ved solcellerne kan da returneres til el nettet her.

El-produktionen fra solcellerne vil afhænge af orienteringen af disse. Den optimale vinkling er mod syd. Såfremt det antages at solcellerne vinkles 15° i øst- eller vestlig retning, vil effekten af solcellerne reduceres til ca. 90 % af effekten for en sydvendt solcelle.

5.8.2 Solfangernes potentiale

Potentialet for solfangerne er fundet fra målinger på en reel installation af solfangere i forbindelse med en varmepumpe. Solfangernes potentiale afspejler derfor et årligt produktionspotentiale.

Om sommeren er der ikke behov for opvarmning af bygninger. Derfor vil varmebehovet i denne periode blot være forbruget af varmt brugsvand. Solfangere der er dimensioneret til blot at producere varmt brugsvand, vil derfor have den største nyttiggjorte varmeproduktion pr. m^2. Såfremt solfangerne er dimensioneret til også at opvarme bygningen, vil der være perioder om sommeren hvor solfangerne er stærkt overdimensioneret (og der derved har en overproduktion der ikke nyttiggøres), da blot varmt brugsvandsforbruget skal imødekommes. Om vinteren hvor solen skinner mindre vil produktionen tilsvarende falde. Solfangernes nyttiggjorte produktion pr. m^2 vil altså være mindre såfremt også opvarmning af bygningen finder sted.
Såfremt solfangernes potentielle produktion er meget stor i forhold til forbruget kan der opstå problemer med overophedning af solfangerne. Det er nødvendigt at tage højde for dette når systemet skal designes.

5.9 Data for de i simuleringerne anvendte teknologier

I den følgende tabel vises kapaciteten af de forskellige teknologier der er benyttet i simuleringerne.

Produktions-teknologi	Udformning	Detaljer	Maksimal kapacitet	Enhed	Elforbrug [kWh_{el}/kWh_{varme} produceret]
Varmepumper	Luft/Vand	Rumopvarmning	-	-	0,27
Varmepumper	Luft/Vand	Brugsvandsopvarmning	-	-	0,27
Varmepumper	Væske/vand	Jordslanger - Rumopvarming	40,0	kWh/m/år	0,25
Varmepumper	Væske/vand	Jordslanger - brugsvandsopvarmning	40,0	kWh/m/år	0,25
Solceller - Sydvendt	25° taghældning	-	164,0	kWh/m²/år	-
Solfangere	25° taghældning	Produktion af varmt brugsvand	500,0	kWh/m²/år	0,05
Solfangere	25° taghældning	Produktion af varmt brugsvand & Rumopvarmning	600,0	kWh/m²/år	0,05

Tabel 5-2. Kapacitet for teknologier benyttet i simuleringerne.

Baggrunden for den listede data er:

- Den maksimale kapacitet for varmepumper med jordslanger er fundet ud fra jordslangers dimensioneringsgrundlag (Dansk Energi, 2011).
- Den benyttede effektivitet (for at finde elforbruget) for varmepumperne er den forventede effektivitet i 2030 oplyst i Energistyrelsens teknologikataloger (Energistyrelsen, 2012). Denne effektivitet er benyttet, da denne effektivitet vil ligge sig op ad den gennemsnitlige effektivitet for teknologien set over samtlige installationer, når byen er fuldt udbygget (år 2060).
- Solfangernes maksimale kapacitet er oplyst af VELUX – Se bilag 3.
- Den maksimale kapacitet for solceller er beregnet i hertil udviklede programmer, og ligger i den høje ende af hvad der er på markedet i dag – Se bilag 3 for beregning af solcelleeffektivitet. Høj effektivitet for solfangere og solceller antages også at være repræsentativt for fremtidige løsninger. Dette er under antagelse af at de benyttede tekniske løsninger i fremtiden ikke behøver være de mest effektive, da pladsen er til rådighed til at benytte solfangere og solceller med nutidig effektivitet. Disse vil blot være billigere i fremtiden.

5.10 Dimensionering af de varmeproducerende anlæg

Varmeproduktion kan bl.a. ske ved hjælp af varmepumper eller solfangere. Der findes flere forskellige teknologier og systemløsninger og den bedste samlede løsning afhænger af behovet, pladsen til rådighed, forbruget kontra investeringen, etc.

5.10.1 Effektbehovet af den varmeproducerende enhed.

Det varmeproducerende anlæg skal opfylde det største effektbehov der måtte være i bygningen. Dette effektbehov kan enten være i form af opvarmning af varmt brugsvand eller opvarmningen af bygningen. Såfremt en varmepumpe er installeret som primære opvarmningsteknologi, skal denne dimensioneres efter dette effektbehov. Solfangeres effekt afhænger af solenergi og det er derfor den primære opvarmningsteknologi (f.eks. en varmepumpe) der sikrer tilstrækkelig med effekt til alle tidspunkter.

Effekten af varmepumpen skal opfylde det maksimale opvarmningseffektbehov i bygningen. Denne effekt kan altså enten være bestemt af effektbehovet til opvarmning af varmt brugsvand eller opvarmning af bygningen. Produktionen af varmt brugsvand og opvarmning af bygningen er separeret således at varmepumpen kun benyttes til et formål ad gangen. Dog kan den termodynamiske kredsproces i varmepumpen blive suppleret af en el-patron. Det skal derfor blot være den samlede varmepumpe der opfylder effektkravet.

5.10.2 Dimensionering af jordslanger til væske/vand varmepumper

Energioptaget (kWh/år) fra jorden vil ved anvendelse af en varmepumpe ikke være lig energibehovet (kWh/år). Energioptaget fra jorden findes ved først at beregne hvor stor en del af energibehovet der dækkes af el tilført varmepumpen. Ved en COP (Coefficient Of Performance) på 4 for en varmepumpe vil el tilførslen til varmepumpen f.eks. dække 25 % af opvarmningsbehovet. De resterende 75 % af energibehovet skal da dækkes ved energioptag fra jorden.

Det normale dimensioneringsgrundlag for en jordslange er:

- Maksimal belastning af jorden: 40 kWh/m^2/år.
- Middelbelastning af jordslangen over året: 6W/m
- Maksimal belastning af jordslangen: 20W/m (våd jord)

(Dansk Energi, 2011)

På baggrund af disse tal er det muligt, at beregne hvor lang en jordslange der skal udlægges ud fra varmepumpens varmeoptag fra jorden. Den udlagte jordslange skal ikke dimensioneres efter at kunne tilfredsstille det maksimale effektbehov for varmepumpen. Til at opfylde det maksimale effektbehov vil varmepumpen også benytte en el-patron. Det maksimale effektbehov vil som tidligere gennemgået enten være effektbehovet til varmt brugsvand eller effektbehovet til opvarmning.

5.10.3 Dimensionering af solfangere

Såfremt anlægget blot skal producere varmt brugsvand dimensioneres dette således at varmt brugsvands produceres udelukkende fra solfangere i juni, juli og august. Herved opnås at dække ca. 60-70 % af det totale varme brugsvandsforbrug. Det er i scenarierne for den decentrale energiforsyning valgt at dække 65 % af det varme brugsvandsforbrug. For tæt lav bebyggelse vil solfangerne ved produktion af varmt brugsvand "fortrænge" et opvarmningsbehov på 1.500 kWh/år for et 2,5 m^2 stort anlæg (≈ 67 % dækning). Solfangeranlæggenes størrelse på de resterende bygninger er da dimensioneret ud fra anlægsstørrelsen for den tætte lave bebyggelse. Dimensioneringen foretages ud fra forskellen i varmt brugsvandsforbruget for den aktuelle bygning i forhold til varmt brugsvandsforbruget for den tætte lave bebyggelse.

Den producerede mængde varmt brugsvand ville ellers skulle have været dækket af varmepumpen. Da den årlige el-produktion fra solcellerne også skal dække det samlede el-forbrug til varmepumpen, vil installationen af solfangere reducere det nødvendige installerede solcelleareal.

Hvis solfangerne dimensioneres til både at skulle dække en del af det varme brugsvandsbehov og opvarmningsbehovet skal anlægget være større. Hvis solfangerarealet dobles i forhold til hvis blot brugsvandsbehovet dækkes (for en tæt lav bebyggelse giver dette 5 m^2 solfangere), er det da muligt at dække 80 % af varmt brugsvandsforbruget og 30 % af rumopvarmningsbehovet. Ca. 55 % af det totale varmebehov (4.500 kWh/år for tæt/lav bebyggelse) bliver da dækket af solfangerne. Det specifikke varmeoptag af solfangerne ender da med at blive ca. 500 kWh/m^2/år. Såfremt det ønskes at delvist dække opvarmningsbehovet for bygningen, er det også nødvendigt at installere en større varmeakkumuleringstank – herom senere.

Størrelsen af solfangeranlægget til delvis dækning af varmt brugsvandsbehovet og opvarmningsbehovet dimensioneres igen for de resterende bygninger efter solfangeranlægget for den tætte lave bebyggelse.

5.11 Dimensionering af de el-producerende anlæg

Bygningen er tilkoblet el-nettet og bygningens maksimale effektkrav behøves derfor ikke blive opfyldt via produktion på bygningen. Derfor kan solceller benyttes som eneste el-producerende teknologi hvor effekten, som for solfangere, vil afhænge af solenergien.

Størrelsen af solcelleanlæggene bestemmes ud fra det årlige el-behov for den enkelte bygning og den årlige mulige produktion fra de benyttede solceller.

Som tidligere nævnt antages det da, at den producerede el kan "lagres" på el-nettet. Dette sikrer at overproduktion fra tidspunkter med høj el produktion kan benyttes på tidspunkter med ikke tilstrækkelig produktion. Lagring af el til varmeproducerende formål kan til et vist punkt undgås. Dette gennemgås under afsnit 5.12. El til varmeproducerende formål udgør dog kun en del af det samlede elforbrug og derfor vil det være nødvendigt at lagre en stor del af den producerede el på el-nettet. Smart Grid løsninger kan dog være med til at flytte energiforbruget til tidspunkter hvor energien er til rådighed og herved reducere behovet for lagring af energi på nettet.

Den nye solcelleaftale betyder at der indføres en timeafregning på elektricitet, hvilket betyder at den solcelle el der ikke bruges inden for en time, kan sælges til el-nettet. Den pris der kan opnås på el-nettet afhænger af hvornår solcelle anlægget etableres. Etableres det i dag, kan elektricite-ten sælges for 1,30 kr/kWh i 10 år, hvorefter elektriciteten sælges til markedspris. Etableres an-lægget i 2018 er salgsprisen reduceret til 60 øre/kWh i en 10 årig periode, hvorefter solcelle-strømmen skal sælges til markedspris. I 2015 genforhandles aftalen og det er uklart om salgspri-serne øges eller reduceres. Ved indkøb af el skal forbrugerne betale fuld markedspris for elektrici-teten.

5.12 Varmeakkumulering

Energiforbruget kan på varmesiden forskydes ved et akkumuleringslager til varme. Hvor stort dette akkumuleringslager skal være afhænger af flere faktorer.

Hvis solceller benyttes i forbindelse med varmeproduktion via en varmepumpe kan den produce-rede el enten "lagres" på el-nettet eller benyttes direkte til produktion af varme i varmepumpen. Såfremt **intet varmeakkumuleringslager** installeres skal varmen forbruges når denne produ-ceres. Dog er der ikke 100 % samtidighed imellem den producerede el fra solcellerne og varme-behovet. Det er derfor nødvendigt at lagre el på el-nettet for at imødekomme varmebehovet. At benytte et varmeakkumuleringslager vil reducere den mængde af el der skal lagres på nettet. El-produktionen fra solcellerne er dog meget større om sommeren end om vinteren. Derfor vil det stadig være nødvendigt med sæsonlagring af el på el-nettet. Herved kan varmepumpen helt eller delvist blive drevet af el fra el-nettet om vinteren. Et sæsonlager til akkumulering af varme er ik-ke fundet anvendeligt til helt at undgå lagring af el til varmeproduktion på nettet.
Et **lille varmeakkumuleringslager** (en brugsvandstank på 200 l for tæt/lav bebyggelse – re-sterende bygninger skaleres herefter) skal installeres i forbindelse med varmepumper, for at imødekomme behovet for varmt brugsvand når dette pludselig bliver aktuelt. Denne brugsvands-tank vil også sikre, at varme produceret via et solfangerpanel (dimensioneret med henblik på produktion af varmt brugsvand) kan lagres med henblik på størst mulig udnyttelse af solfanger-ne.

At have et **stort varmeakkumuleringslager** afhjælper at en stor del af den producerede mængde el skal lagres på el-nettet, idet varmen kan produceres med en varmepumpe når el er til rådighed fra solcellerne og varmen da akkumuleres til senere brug. Der behøver altså ikke væ-re samtidighed imellem el produktionen fra solceller og varmebehovet i bygningen.
Såfremt det antages at det vil koste penge at lagre el på el-nettet i fremtiden, kan der ved instal-lation af en stor akkumuleringstank spares penge i det lange løb, selvom den initiale investering stiger. Hvor stor denne akkumuleringstank skal være vil afhænge af den fremtidige pris for "lag-ring" af el på el-nettet.

Vigtigt at notere er dog at elforbruget til drift af varmepumpen kun udgør en mindre del af det samlede elforbrug. Det vil altså stadig være nødvendigt at "lagre" el til tekniske installationer og apparater på el-nettet.

Størrelsen af et stort varmeakkumuleringslager er her, for tæt/lav bebyggelse, et 2 m^3 stort varmeakkumuleringslager (en stor akkumuleringstank for de resterende bebyggelser er dimensi-oneret herefter). Et lager af denne størrelse vil sænke behovet for at lagre el til opvarmning på el-nettet betydeligt. Varmeakkumuleringslageret kan dog ikke udjævne forskellen imellem pro-duktion og forbrug i en sådan grad at el-nettet ikke skal benyttes som lager da sæsonvariation vil kræve at el lagres på el-nettet.

Ved anvendelse af solfangere giver et stort varmeakkumuleringslager muligheden for at installere et større anlæg med henblik på ikke blot at producere varmt brugsvand men også opvarme bygningen. Den i løbet af dagen producerede varme fra solfangerne kan da akkumuleres i den store tank og benyttes til opvarmning af bygningen. Om sommeren har bygningerne intet opvarmningsbehov. Det vil altså blot være den resterende del af året hvor solfangerne kan producere varme til opvarmning af bygningen.

5.13 Håndtering af brugeradfærd

Opkobling til el-nettet vil sikre at el-overforbrug kan dækkes. Herved vil potentielt overforbrugende forbrugere stadig have mulighed for at få dækket deres forbrug.

Hvis det varmeproducerende anlæg er overdimensioneret (krav i BR2020) vil anlægget i de fleste tilfælde kunne dække et varme-overforbrug(kan evt. kombineres med el-patron). Såfremt der foreligger et overforbrug, vil det pågældende hus (formentlig) ikke blive CO_2-neutralt på årsbasis. Det forventes at et overforbrug ét sted bliver udjævnet af et mindre forbrug et andet sted i Vinge. Herved vil Vinge overordnet set blive CO_2-neutral.

Smart-energimålere der monitorerer over/under-produktion, kan også være med til at ”finde” og ”styre” overforbrugere mod et mindre forbrug.

Dette kan ses som både public service og en støtte for det samlede energisystem.
Smart Grid er behandlet i afsnit 12. Smart Grid kan bl.a. også være med til at styre det samlede energisystem.

5.14 De endelige systemscenarier

Flere kombinationsmuligheder af de valgte teknologier er gennemgået i forskellige scenarier. Disse scenarier er undersøgt for bedst at kunne vurdere, hvilken systemudformning der er mest fornuftig. Hvilket system der er mest fornuftigt kan afhænge af flere faktorer – hvilket system der er bedst fremtidssikret, mindst kompliceret, færrest løbende omkostninger, mest fleksibelt, mindst pladskrævende, størst arkitektonisk frihed, størst forsyningssikkerhed, etc.

Hvilket scenarie der vil være det mest fornuftige afhænger af flere faktorer. Senere er tre potentielle scenarier gennemgået. Generelt gældende for de tre scenarier er følgende.

Eventuelle fysiske restriktioner for beregningerne i scenarierne er blevet gennemgået i bilag 1. Det blev her vurderet at det er muligt at opfylde energibehovene for de forskellige bygninger via produktion på bygningen og evt. matriklen – Der er altså plads til de energiproducerende teknologier på bygning og evt. matrikel.

Det er ligeledes blevet undersøgt, hvorvidt den beregnede jordslangelængde er tilstrækkelig til at opfylde energi og effekt behovet. Dette er blevet gjort i bilag 2. De beregnede jordslangelængder blev vurderet tilstrækkelige ud fra de anbefalede dimensioneringsregler.
I bilag 1 blev de energiproducerende teknologiers arealbehov pr. etageareal for de forskellige bygningstyper også undersøgt sammen med den mulige maksimale energiproduktion på de forskellige bygninger og den omkringliggende matrikel. Herved indikeres også muligheden for merproduktion af energi på de forskellige bygninger.

Bygningerne for det centrale, semi-decentrale og decentrale scenarie er ens. Det bygningsmæssige udgangspunkt for de forskellige scenarier er altså det samme og varierer ikke afhængigt af, om de forsynes med el og varme produceret centralt, på bygningen og matrikel, eller via en kombination heraf.

På el-siden er det muligt for bygningen i det decentrale scenarie at interagere med elnettet. Herved behøver den maksimale installerede kapacitet af den el-producerende enhed ikke være større, end det totale årlige energibehov forskriver, da produktionen og forbruget ikke nødvendigvis skal være sammenfaldende.

På varmesiden er dette ikke tilfældet. Bygningen er i det decentrale scenarie ikke tilkoblet et fjernvarmenet. For at kunne tilfredsstille det maksimale varmeforbrug for den enkelte bygning vil

det derfor være nødvendigt at installere et varmesystem der har tilstrækkelig kapacitet til at opfylde det maksimale effektbehov.

Installation af solfangere i forbindelse med en varmepumpe ændrer ikke ved den nødvendige maksimale varmepumpekapacitet. Denne skal stadig dimensioneres efter det maksimale effektbehov, da varmebehovet også om vinteren skal imødekommes, hvor solen ikke skinner. Tilsvarende kan den udlagte jordslange ikke gøres kortere på baggrund af det mindre varmeoptag fra denne. Denne skal stadig overholde den maksimalt tilladelige belastning af jordslangen og kan ikke reduceres – for nærmere gennemgang se bilag 2. Store Varmeakkumuleringstanke ændrer heller ikke ved den nødvendige maksimale varmepumpekapacitet. Dette er grundet varmebehovet skal opfyldes i perioder hvor overproduktion af varme ikke er mulig.

6. CENTRAL ENERGIFORSYNING

I dette afsnit beskrives det centrale energiforsyningsscenarie for Vinge, dvs. både bydel og erhvervspark. Overordnet skal energiforsyningen bidrage til den målsætning, at bydelen skal være CO_2-neutral ift. energiforsyning og transport, ud fra en netto-betragtning, hvorimod dette ikke er gældende for Copenhagen Cleantech Park (CCP), jf. afsnit 2.2.1.

6.1 Definition af central energiforsyning

Ved central forsyning af varme i disse scenarier forstås en eller flere varmecentraler, der gennem et fjernvarme-distributionsnet forsyner bygninger i bydelen og erhvervsparken med varme. Flere energiteknologier inden for varmecentralens rammer kan forventes anvendt for at kunne tilpasse varmeproduktionen til den forventede udvikling af varmebehovet over tid. Flere forskellige energiteknologier kan kobles sammen i et fælles fjernvarmesystem, så længe varmeproduktionen foregår centralt - eksempelvis tilkobling af stor-skala solvarmepaneler placeret på dertil udlagt areal.

El-behovet forventes at blive dækket gennem det kollektive el-system. Egenproduktion af el fra eksempelvis store vindmøller, stor-skala solcelleanlæg, biogasforsynede motorer etc. indgår i det samlede el-system. Egenproduktionen af CO_2-neutralt elektricitet modregnes det samlede elbehov med det formål at vurdere CO_2-neutraliteten i bydelens elforsyning jf. afsnit 2.2.1.

6.2 Tilslutningsniveau til central varmeforsyning

Som udgangspunkt for design af den centrale fjernvarmeløsning er det forudsat, at denne løsning fuld ud implementeres over hele den planlagte nye bydel med 100% tilslutning og vil dække det samlede varmebehov.

I praksis vil den centrale løsnings økonomiske egnethed i bydelens forskellige delområder afhænge af en række parametre, hvoraf kan nævnes varmetæthed, dvs. bygningskoncentrationen og de enkelte bygningers varmebehov (bygningsstørrelse og klimaskærm). En anden parameter kan være varmeforbrugernes afstand til varmeproduktionsanlægget.

Hvis hele bydelen udlægges til fjernvarme, kan det endvidere antages, at der i lovgivningen bevares muligheden for dispensation for tilslutning til kollektiv forsyning for lavenergibygninger. Det vil derfor være vigtigt for den centrale løsnings økonomi at kunne planlægge, hvor der forventes individuelle valg af andre løsninger pga. dispensationsmuligheden.

Udbydes nybyggeri i større entrepriser, vil det være nemmere at aftale fjernvarmeforsyningen med bygherren for et givent område. Realisering af fjernvarme kan derimod være langt mere usikker pga. dispensationsmuligheden, hvis der ved udstykningen forudsættes mindre entrepriser, f.eks. at hvert enkelt hus opføres separat med egen bygherre. Og det kan økonomisk belaste det resterende nybyggeri i lokalområdet, der er planlagt til fjernvarme, idet omkostningerne til at etablere distributionsnettet vil stige forholdsmæssigt med frafaldet.

Samlet set kan der således antages en høj forventning om, at den centrale fjernvarmeløsning vil blive fuldt implementeret i de centrale dele af den nye bydel, hvor byggeriet opføres som større fællesentrepriser, og hvor varmetætheden er størst. I bydelens mere perifere områder kan der derimod forventes en række usikkerhedsfaktorer omkring tilslutningsniveauet til den centrale løsning.

6.3 Overordnet konceptdesign for central varmeforsyning

6.3.1 Distributionssystem

Den centrale løsnings fjernvarmenet antages designet efter konceptet for lavtemperaturfjernvarme. Det vil sikre, at både ledningsnettets anlægs- og driftsomkostninger – herunder distributionssystemets varmetab – kan begrænses trods byggeriets lave varmebehov.

Et design med relativt små ledningsdimensioner og kortest mulige stikledninger vil bidrage til lave anlægsomkostninger: Små ledningsdimensioner opnås bl.a. ved at anvende fjernvarmeunits, som sikrer et kontinuerligt, lavt flow samt god afkøling af det cirkulerende fjernvarmevand. Nye typer fjernvarmeunits forventes designmæssigt optimeret til et jævnt lavt flow ved at udjævne forbrugets døgnvariationer og levere varmt brugsvand uden et større temperaturtab, dvs. tæt på fjernvarmens fremløbstemperatur til forbrugeren.

Belastningsudjævning over døgnet kan opnås bl.a. vha. en tilstrækkelig stor varmtvandsbeholder decentralt ved forbrugeren (typisk 120 l tank til et enfamiliehus). Af hygiejniske årsager (risiko for legionellabakterier) antages et beholderprincip, hvor det er fjernvarmevandet, der akkumuleres i beholderen (kaldes fjernvarmebeholder) og ikke selve brugsvandet. Beholderen kobles til en veksler, som opvarmer brugsvandet ligesom en gennemstrømningsvandvarmer.

De nye bygningers varmeanlæg antages udlagt til lavtemperatursættet 55/25°C. Det kan realiseres både ved radiatoranlæg (eller konvektorer) og ved gulvvarmeanlæg. Under normale driftsforhold antages temperatursættet 50/25°C, idet kravet til det varme brugsvands temperatur vil være bestemmende for fremløbstemperaturen. For at minimere varmetabet kan der evt. benyttes en driftsstrategi med periodevis sænkning af fremløbstemperaturen uden for de perioder, hvor der sker en koordineret opvarmning af varmtvandsbeholderne (jf. smart energy grid beskrevet i kapitel 12).

Korte stikledninger vil reducere anlægsomkostningerne betydeligt. Med kortest muligt stik undgås tillige for store tryktab og varmetab, herunder også tab af temperatur ved lavt flow. Hvor det er hensigtsmæssigt – f.eks. i rækkehusbyggeri, kan fjernvarmeledningerne lægges som trækrør under bygningen. Det vil medføre anlægsbesparelser, og i driftsfasen vil en stor del af varmetabet kunne komme bygningen til gode.

Samlet opnås lavt varmetab i ledningsnettet ved: lave driftstemperaturer, mindre ledningsdimensioner, et optimalt tracé med korte stik og så vidt muligt trækrør under egnede bygninger samt valg af rør med ekstra isolering og typisk twinrør frem for enkeltrør.

Et design med mindre ledningsdimensioner medfører behov for øget differenstryk, dvs. højt driftstryk og større pumpearbejde for hovedpumperne. Det modvirkes dog af brugeranlæggenes døgnudjævning som beskrevet ovenfor. Opstår behovet vil der endvidere være mulighed for at øge afkølingen i ekstraordinære spidsbelastninger ved at hæve fremløbstemperaturen op over designniveau (>55 °C), mens returtemperaturen bevares uændret.

6.3.2 Produktionssystem

Hvad angår varmeproduktionen giver den central løsning mulighed for:

- Høj anlægsfleksibilitet, dvs. mulighed for en relativt billig omstilling til nye teknologier og produktionsformer.
- Høj driftsfleksibilitet, dvs. mulighed for konkurrence mellem flere produktionsanlæg, så billigste forsyningskombination kan vælges på ethvert tidspunkt.
- Udnyttelse af storskalafordelen, dvs. mulighed for lavere anlægsomkostninger pr. effektenhed og højere effektivitet pr. produktionsenhed.
- Professionalisering af energiproduktionen, idet fællesanlæg drives af specialiseret personale med deraf mulighed for optimering og lang teknisk levetid, mens decentrale individuelle løsninger måske overlades til lægmand (bygningsbrugeren).

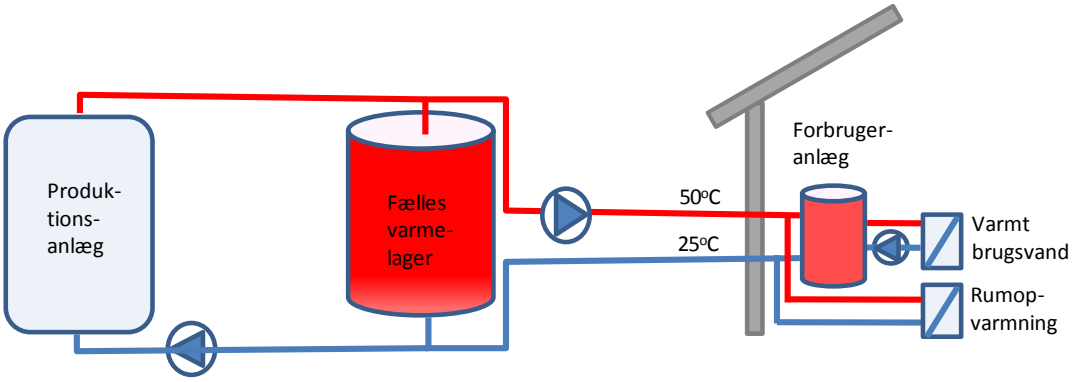
Med udgangspunkt i den høje anlægsfleksibilitet indebærer den centrale fjernvarmeløsning således, at det over en længere tidshorisont ikke vil være muligt at låse sig fast til en bestemt for-

ventet produktionsteknologi og energikilde. Generelt forventes dog valg af CO_2-neutrale produktionsformer og så vidt muligt kombineret el- og varmeproduktion (kraftvarme), men hvilken teknologi og energikilde, der vil være økonomisk optimal i fremtiden, vil kunne ændre sig i forhold til den viden, vi har i dag.

Der skal dog foretages et valg af produktionsform til forsyning af de første bygninger, der opføres, og ved denne investering bindes man økonomisk typisk de næste 15-20 år, indtil anlægget er afskrevet eller teknologisk forældet. Det "næste" valg af teknologi og energikilde vil være ukendt på den anden side af de ca. 15-20 år, hvor fornyelse bliver påkrævet. Som bedste gæt tages der udgangspunkt i aftalte, anerkendte teknologifremskrivninger.

Rammemæssigt antages det, at der ved "næste" valg vil være teknologisk frihed til at vælge en forsyningsløsning, der ikke er økonomisk dyrere for varmeforbrugerne end den første løsning. I en langtidsvurdering kan det derfor konservativt antages, at varmeproduktionsprisen på langt sigt vil blive holdt på samme niveau som opnået i de første ca. 15 år. Hvad angår produktionsformens klimabelastning, må det antages, at der prioriteres CO_2-neutrale energikilder, enten til ren varmeproduktion eller til kraftvarme.

Med forventning om indpasning af VE (sol, vind, biomasse mv.) med fluktuerende produktion og produktionspriser er der ved produktionssystemets koncept fokus på en høj driftsfleksibilitet. Det opnås ved at anlægge en fælles varmeakkumulering for opsamling af overskydende varmeproduktion. Det samlede systemkoncept med et fælles, centralt varmelager til opsamling af varmeproduktionen og decentrale fjernvarmebeholdere hos forbrugerne er illustreret i nedenfor:



Figur 6-1. Systemkoncept for fjernvarme.

I følgende tabel 6-1 ses netto- og bruttovarmebehov, samt den beregnede designkapacitet for den centrale løsning ved de udvalgte milepæle, dvs. årstallene 2015, 2020, 2025, 2030 og 2060.

Det centrale nets distributionstab vil afhænge af den måde, byudviklingen antages gennemført. Udbygges der først med en central bebyggelse med høj varmetæthed, vil distributionstabet være lille, hvorefter det vil vokse efterhånden som ledningsnettet lægges ud til omkringliggende bebyggelser, der opføres med mindre varmetæthed. Generelt regnes der i henhold til det beskrevne designkoncept i afsnit 6.3.1 med et lavtemperatursystem og ekstraisolerede fjernvarmerør.

	enhed	2015	2020	2025	2030	2060
Hovedscenarie						
Nettovarmebehov	MWh	1.456	4.330	7.262	10.531	22.711
Distributionstab	MWh	180	590	1.282	1.858	4.008
Distributionstab	%	11	12	15	15	15
Bruttovarmebehov	MWh	1.636	4.920	8.544	12.390	26.718
Design benyttelsestid	timer	2.800	2.800	3.000	3.000	3.000
Designkapacitet	**MW**	**0,6**	**1,8**	**2,8**	**4,1**	**8,9**
Alternativt scenarie						
Nettovarmebehov	MWh	1.335	3.869	6.421	9.075	21.857
Distributionstab	MWh	165	528	1.133	1.601	3.857
Distributionstab	%	11	12	15	15	15
Bruttovarmebehov	MWh	1.500	4.397	7.554	10.676	25.715
Design benyttelsestid	timer	2.800	2.800	3.000	3.000	3.000
Designkapacitet	**MW**	**0,5**	**1,6**	**2,5**	**3,6**	**8,6**

Tabel 6-1. Varmebehov og den designmæssige anlægseffekt ved de to udbygningscenarier.

6.4 Varmeforsyningsstrategi

I kraft af opdelingen af byudviklingsområdet i en bydel og en erhvervspark, sker udbygning af boliger og erhverv i separate områder i de første etaper. Afstanden i starten af udbygningen er omkring 1,5-2 km fra bydel til erhvervspark. Hen imod de senere udbygningsetaper vil bydelen og erhvervsparken begynde at grænse op mod hinanden. Disse udbygningskarakteristika gør det rationelt i de første etaper at tænke i to separate centrale forsyningssystemer: En placeret i erhvervsparken (nord) og en i bydelen (syd). Se bilag 4 med kort over udviklingen af varmebehov og varmetæthed for de to udbygningsscenarier.

6.4.1 Varmeakkumulering

Som udgangspunkt etableres der til hvert forsyningssystem en varmeakkumuleringstank. De to akkumuleringstanke i nord og syd i hhv. Akkumuleringen i Erhvervsparken og bydelen skal generelt fungere som 'indsamlingsanlæg' for de producerende energianlæg, der således vil kunne producere prisoptimalt uafhængigt af varmebehovet (jf. også afsnit 12.3 om smart energy grids). Det gælder for en række VE-anlæg så som varmepumper, solvarme eller biogaskraftvarme. Desuden vil akkumulatortanke også kunne sørge for udjævning af produktionen på biomassekedler baseret på f.eks. halm eller flis, hvilket giver højere kedelvirkningsgrad og minimerer behovet for spids- og reservelast. Det samme gælder evt. biomassekraftvarmeanlæg.

Der er principielt mulighed for at etablere sæsonlagre og/eller korttidslagre (døgnlagre), dvs. til daglig udnyttelse til døgnudjævning og med kapacitet til få døgn. Her regnes med korttidslagre i form af cylinderståltanke. En tanks økonomisk optimale lagerkapacitet vil afhænge af dens mest anvendte driftsform, hvor den skaber økonomisk gevinst. Hvis lagerkapaciteten udtrykkes i antallet af døgn, hvor tanken dækker systemets designkapacitet, kan der principmæssigt opstilles følgende optimale lagerkapacitet:

- Ca. 0,25 døgns kapacitet til almindelig døgnudjævning af f.eks. en fliskedel
- Ca. 0,40 døgns kapacitet ved udnyttelse af eldrevne varmepumper og decentral kraftvarme, idet elprisernes variationer på spotmarkedet udnyttes. (Ved forventning om større fluktuationer i elprisen i fremtiden pga. mere vindmøllestrøm kan større tanke være berettigede).
- Omkring 0,60 – 0,80 døgns kapacitet for at understøtte et stort solvarmeanlæg, så dets dækningsgrad kan nå op på 25-30 % af det årlige varmebehov.

Vælges der en stor lagertank, gør dens højde det desuden muligt at benytte den som trykholdenanlæg i fjernvarmesystemet.

6.4.2 Varmeproduktionsanlæg

I hvert delområde skal der vælges varmeproduktionsanlæg, der også i længden vil kunne benyttes, når det bliver aktuelt at sammenlægge systemerne i et fælles centralt system. Nedenfor er beskrevet en række muligheder:

Varmepumper

I hvert af de to områder kan der med fordel installeres store kompressionsvarmepumper baseret på jordvarme, grundvandsvarme, renset spildevand eller evt. anden tilgængelig lavtemperaturvarme. For at gøre varmepumperne prisfleksible kan de drives i samdrift med akkumuleringstankene i hvert område. Da der ikke er en så markant prismæssig skalafordel ved store varmepumper i forhold til mindre, kan der evt. installeres et antal mindre varmepumper i takt med udviklingen i varmebehovene.

Varmepumperne i hhv. nord og syd antages placeret i et fælles bygningsanlæg. Et af dem anlægges således, at det forberedes for fremtidig udbygning af andre energiproduktionsanlæg. Idet der generelt antages større accept af tekniske anlæg i erhvervskvarterer, frem for i boligområder, vil det være varmecentralen ved erhvervsparken, der antages forberedt for fremtidige anlægsudbygninger.

Solvarmeanlæg

Mulighederne for et centralt solvarmeanlæg som supplement til varmeforsyningen via varmepumper er også en oplagt mulighed. Dette stiller dog spørgsmål omkring, hvorvidt der kan overvejes reservation af arealer i udbygningsplanen til et storskala solvarmeanlæg.

Lavtemperatursystemet betyder, at der kan forventes en høj ydelse på solvarmeanlægget. Ved fuld udbygning vil et solvarmeanlæg på op til ca. 10.000 m^2 (samme størrelse som solvarmeanlægget i Jægerspris) således kunne dække op mod 25 % af årsvarmebehovet ved brug af tilstrækkelig lagerkapacitet, idet muligheden for varmelagring vil have stor betydning for udnyttelse af den indsamlede solvarme og for en høj dækningsgrad. Det betyder lagerkapacitet på i alt ca. 2.000 m3 samt allokering af solfangerareal på ca. 2,5 ha.

Et alternativt løsningsforslag, kunne være at etablere solvarmeanlæg på store erhvervsbygninger. Dette er dog på grænsen til en semi-decentral forsyningsstruktur og antages derfor ikke at indgå i den centrale løsning.

Biomassefyret kedelanlæg

Når varmebehovet efter nogle år er nået op på en passende niveau omkring år 2020, kan det blive økonomisk at sammenkoble de to systemer med en hovedledning og installere ny fælles produktionskapacitet i samdrift med varmepumperne. Der kan eksempelvis installeres et biomassefyret kedelanlæg baseret på flis. Derved kan varmepumper få bedre driftsvilkår, da fleksibilitetspotentialet øges, og de kan således producere varme på de mest gunstige tidspunkter i døgnet, hvor spot/balanceprisen er lavest.

På grund af den langstrakte byudvikling vil et flisfyret kedelanlæg også blive etapeopdelt i 2 eller 3 kedler, der installeres efterhånden, som der bliver behov herfor. Akkumulatortankene vil sikre, at fliskedlerne driftsmæssigt kommer til at køre optimalt.

Parallelt med, at kapaciteten i varmecentralerne udbygges, udbygges distributionsnettet svarende til byens almene udbygningstakt, således at investeringerne dertil sker løbende i takt med det stigende varmesalg.

Biogaskraftvarme

På længere sigt, når byen er tilstrækkelig udviklet, og varmegrundlaget er til stede, kan det være interessant at kigge nærmere på at supplere med biogaskraftvarme. Ved et biogasanlæg i samarbejde med lokale landmænd, kunne der opnås synergieffekter mellem landbrug og energiproduktion, til gavn for samfundet.

Mulighederne for etablering af et biogasanlæg i erhvervsparken skal undersøges nærmere, samt potentialet for husdyrsgødning i oplandet. Af hensyn til biogasanlæggets rentabilitet er det tillige

af interesse at afdække, om der skulle være andre lokale bioressourcer (bioaffald fra erhverv mv.) med et stort biogaspotentiale. Biogasanlægget kan f.eks. blive aktuelt, når varmepumpernes tekniske levetid er udløbet, og der er behov for ny produktionskapacitet. Akkumulatortankene vil her kunne bidrage til at sikre en høj benyttelsestid for et biogasbaseret kraftvarmeanlæg og dermed gøre det mere rentabelt.

Selskabsøkonomisk kan der dog evt. være en vis interesse for kraftvarme, og i dette afsnit belyses derfor følgende mulige flisfyrede kraftvarmekoncepter:

Biomassekraftvarme
Muligheden for at realisere biomassebaseret kraftvarme vil være påkrævet af gældende lovgivning, så snart der planlægges med produktionsanlæg med en varmekapacitet over 1 MW. En barriere kan for mindre biomassefyrede kraftvarmeanlæg være at vælge en samfundsøkonomisk optimal løsning, da kommunalbestyrelsen ifølge Varmeforsyningsloven er forpligtet til at godkende det samfundsøkonomisk mest fordelagtige projekt. For disse mindre anlæg antages brug af dampturbine-løsninger ikke realistisk, men af andre kraftvarmeløsninger kan nævnes:

- Stirling-motorer tilkoblet biomassekedel
- Biomassefyret kedel tilkoblet en Organic Rankine Cycle (ORC)
- En biomassefyret kedel med dampmotor
- Brændselsceller

Det må her tilføjes, at ORC og dampmotor er to teknologierne, der hidtil ikke er blevet anvendt i Danmark, og analyser derfor må bygge på teoretiske vurderinger.

Stirling-motorer tilkoblet biomassekedel
Stirling-motorteknologien udmærker sig ved at være brændselsfleksibel, idet det er en stempelmotor, hvor forbrændingen sker på ydersiden af cylindrene, hvorfor alle typer brændsler principielt vil kunne anvendes.

Kraftvarme baseret på en Stirling-motor kan principielt realiseres ud fra tre forskellige koncepter: Stirling-motoren koblet direkte på en kedel, kombineret med en træflisforgasser eller kombineret med en pyrolysereaktor. Alternativet med træflisforgasning er den mest effektive og kan anses for mest relevant til fjernvarmekraftvarme. Kedelløsningen er den mest enkle, mens pyrolysereaktoren især er velegnet til de mere vanskelige brændsler.

Organic Rankine Cycle (ORC)
En Organic Rankine Cycle (ORC) fungerer som en dampturbine, men i stedet for vand fordamper ORC-systemet en særlig organisk væske (hedtolie), så turbinen kan fungere ved lavere tryk og temperaturer end en dampturbine.

Der er ingen erfaring i Danmark med ORC-anlæg, men der findes en del anlæg i Italien, Østrig og Tyskland. En fliskedel kombineret med en ORC er således afprøvet på næsten 200 europæiske anlæg i størrelser op til godt 2 MW el, hvor ORC-enheden har sin økonomiske force. Over ca. 2 MW el vil dampturbinen, som arbejder med et højere driftstryk - og dermed en højere elvirkningsgrad - begynde at blive et økonomisk bedre valg.

En ORC-enhed har vist sig erfaringsmæssigt at være meget driftsstabil med en udetid på under 5 %. For selvom et ORC-anlæg anlægsteknisk set er meget kompliceret, udmærker det sig ved en nem og automatisk drift.

Dampmotor
I forhold til dampturbinen har dampmotoren den fordel, at den grundlæggende opretholder fuld virkningsgrad i dellast. Dampmotoren kan derfor være en fordel i fjernvarmesystemer, hvor der forekommer en del dellastdrift.

Der er ingen erfaringer i Danmark med dampmotoren i forbindelse med fjernvarme, men tyske erfaringer tyder på, at decentrale kraftvarmeværker burde overveje dampmotoren, hvis det dre-

jer sig om en mindre biomassefyret kraftvarmeenhed, hvor der er behov for en varmekapacitet på under 6 MW.

En almindelig dampmotor på 30 bar vil typisk have en el-virkningsgrad på knap 13 %. En forøgelse af damptrykket til eksempelvis 80 bar vil medføre en stigning i el-virkningsgraden. Men et højere driftstryk vil formodentligt øge anlægsomkostningerne i et omfang, der økonomisk vil udligne gevinsten ved den højere el-virkningsgrad.

Brændselsceller
Den teknologiske udvikling gør, at nye teknologier til CO_2-neutral kraftvarmeproduktion vil blive økonomisk attraktive inden for de kommende år eller årtier. Af lovende muligheder kan der peges på brintbaserede brændselsceller, der i en central løsning kan anlægges som et centralt anlæg, hvilket simplificerer brinttilførslen. Brinten fremstilles ved elektrolyse baseret på vindmøllestrøm.

Et fremtidigt alternativ til brintbaserede brændselsceller kan blive de såkaldte SOFC-anlæg (Solid Oxide Fuel Cell), der fungerer under højere temperaturer end de brintbaserede brændselsceller, således at man kan benytte forskelligt brændsel (f.eks. biogas) direkte. Også her gælder, at energitilførslen forsimples ved en central løsning.

Områdets langstrakte udbygningstakt og det relativt begrænsede varmebehov betyder, at der næppe vil være rentabilitet i et biomassebaseret kraftvarmeanlæg. Hvis der derimod kan etableres et grundlag for lokal biogasproduktion, kan biogasbaseret kraftvarme evt. godt være af interesse på sigt. Akkumulatortankene vil her bidrage til, at det biogasbaserede kraftvarme kan blive økonomisk interessant gennem en høj benyttelsestid. El-produktionen fra et muligt lokalt biogasbaseret kraftvarmanlæg vil således bidrage til at opnå et CO_2-neutralt elforbrug. Se mere i omkring biogaspotentialet i afsnit 6.5.1.

6.4.3 Køling

Køling antages som en option for kontor og erhverv, der håndteres individuelt af ejer enten gennem grundvandskøling eller fjernvarmeforsyning eller ved, at byggeriet opføres på en sådan måde, at der ikke bliver behov for at installere køleanlæg.

6.5 Lokale VE ressourcer

I dette afsnit er der overordnet vurderet og estimeret energipotentialet i lokalområdet for biogas fra husdyrgødning, biogas fra spildevand og organisk affald samt vindkraft.

Det skal bemærkes, at bortset fra biogaspotentialet fra spildevand og organisk affald, som er bundet op på den forventelige udvikling af antal indbyggere og arbejdspladser i Vinge, er de øvrige energipotentialer opgjort på baggrund af nuværende tilgængelige data inden for de respektive områder. Disse estimater er fastholdt over hele byudviklingsperioden frem til 2060. Derfor er der en vis usikkerhed i fremskrivningerne, idet datagrundlaget og forudsætningerne for disse potentialer kan ændre sig over tid.

6.5.1 Biogaspotentiale fra husdyrgødning

Husdyrgødning og andet organisk affald fra erhverv og industri bliver transporteret til et biogasanlæg, hvor det pumpes ind i en biogasreaktor. Under iltfrie betingelser og opvarmning påbegynder en forrådnelsesproces, hvorved biogas, som hovedsagligt består af metan (CH_4) og kuldioxid (CO_2) frigøres fra den våde biomasse. Denne proces sker typisk over 2-3 uger, alt efter temperaturforhold og kvalitet af biomassen.

Omkring halvdelen af tørstoffet i biomassen omsættes til biogas, resten består af svært nedbrydelige fiberfraktioner, der gør det urentabelt at omsætte. Når gyllen er afgasset, leveres den tilbage til landmændene, og anvendes til gødskning af marker, og derved recirkuleres næringsstoffer som kvælstof og fosfor m.m. i landbrugene.

Anvendelsesmuligheder for biogas

Traditionelt set anvendes biogas typisk i et motoranlæg med samtidig produktion af CO_2-neutral el og varme, hvoraf en del af produktionen anvendes til procesenergi. Overskydende varme anvendes til opvarmning lokalt eller sendes ud i et fjernvarmenet, alt efter størrelse af biogasanlæg. Overskydende el sendes ud i elsystemet, og afregnes efter en fastsat feed-in tarif.

Der kræves en nogenlunde stabil tilgang af råvare til anlægget, idet der er tale om en kontinuerlig proces. Biogasproduktionen er således bundet op på dette. Lagringsmulighederne for biogas på anlæggene er begrænset, så grundet det kontinuerlige procesvarmebehov samt fast elafregning, er motoranlægget dimensioneret til konstant drift, minus periodisk vedligehold.

En anden anvendelsesmulighed for biogas er, at en nærliggende storforbruger/aftager forsynes gennem en gasledning med biogas fra anlægget. Hos aftageren kan biogassen eksempelvis anvendes til procesenergi ved fremstilling af vare eller i et motoranlæg. Dette kræver selvsagt en investering i en gasledning. Dog kan der være visse kontraktuelle forhold omkring leverance, der kan besværliggøre dette, grundet den kontinuerlige produktionskarakteristika, der er givet ved biogas. Eksempelvis ved nedetid pga. havari eller planlagt vedligehold, hvor biogasproduktionen kan ophøre i kortere tid.

Endeligt er der mulighed for at levere biogassen, direkte eller opgraderet, ud i et eksisterende eller lokalt gasforsyningsnet, og biogassen kan derved opnå de samme anvendelsesmuligheder som naturgas hidtil har haft. F.eks. individuel opvarmning og/eller madlavning.

Mulige placeringer og hensyn vedrørende biogasanlæg.

I opgørelsen af biogaspotentialet omkring Vinge, er der taget udgangspunkt i et biogasanlæg lokaliseret i erhvervsparken CCP i den nordlige del af området. Her antages det, at adgangsvejene har den nødvendige kapacitet til transport af husdyrgødning og anden biomasse til og fra anlægget. Rensning af spildevand kan eventuelt ske lokalt ved den mulige placering af biogasanlægget, og derved udnytte symbioseeffekten heraf. Ellers, mere sandsynligt, kan det forestilles, at kloakeringen tilsluttes det øvrige kollektive kloaknet og behandles af Frederikssund Forsynings renseanlæg på Marbækvej, og opslammet biomasse herfra transporteres til biogasanlægget.

Biogas fra husdyrgødning

Bestanden af husdyr i Frederikssund Kommune er begrænset, og fordeler sig hovedsageligt på kvæg og svin, med enkelte pelsdyr- og fjerkræsfarme. En dyreenhed (DE), er af Plantedirektora-

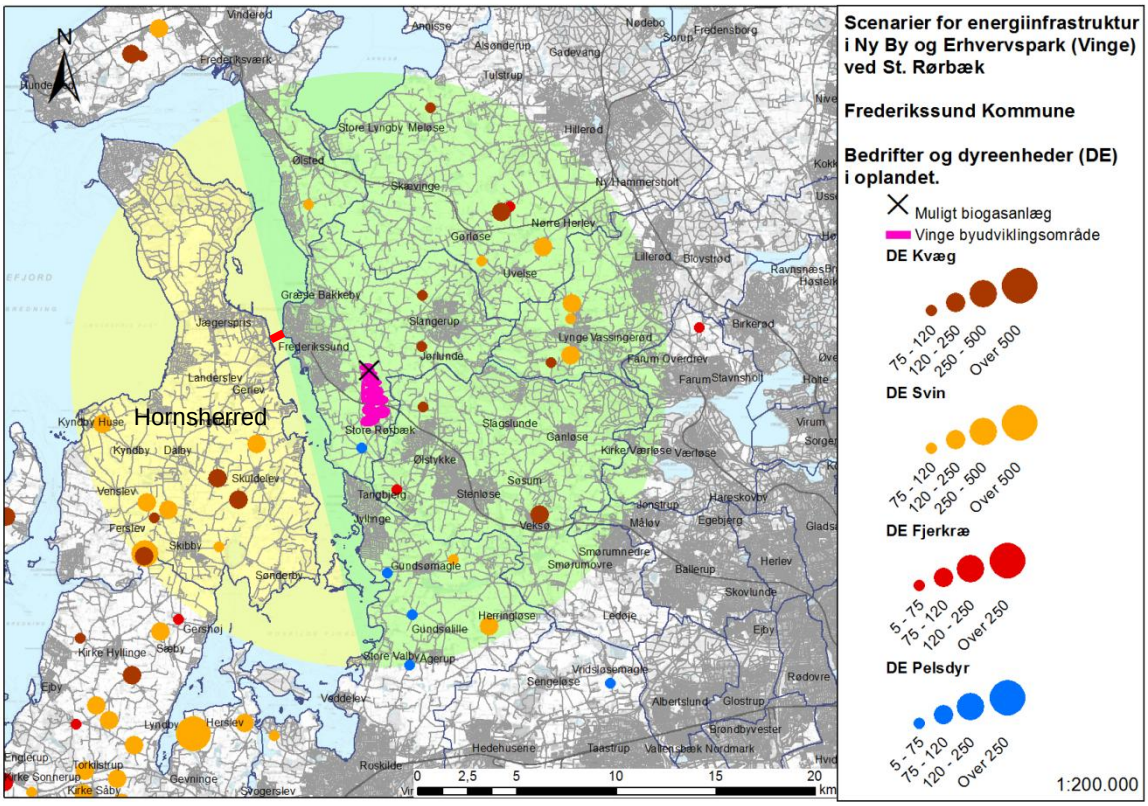
tet defineret som udledningen af 100 kg kvælstof/år fra husdyr, og er derved et udtryk for husdyrtrykket ved husdyrbedrifter i landbruget[3].

Ved vurdering af muligheden for et biogasanlæg i et givent område, er transportafstanden af husdyrgødning fra husdyrbedrift til anlæg af afgørende betydning. Biogassekretariatet under Naturstyrelsen, foreskriver 15 km radius fra anlæg, som værende den maksimale transportafstand, hvor det er rentabelt at inddrive husdyrgødning i forhold til transportomkostninger. Flere faktorer gør sig desuden gældende ved transport fra bedrift til anlæg.

Landskabelige korridorer som større infrastrukturelle anlæg, eksempelvis motorveje, jernbaner og broer, kan helt eller delvist afskære potentielle opsamlinger hos landmænd, grundet trafikale og tidsmæssige omstændigheder, der øger transportomkostningerne.

I den nærværende analyse er transporttærskelen, og således oplandet for råvaremængderne fra bedrift til biogasanlæg, sat til en 15 km radius fra erhvervsområdet i Vinge.

Via GIS analyser baseret på data om husdyrbedrifter fra Statsforvaltningens jordbrugsanalyse fra 2009 (Statsforvaltningen, 2009), er potentialet i oplandet i og omkring Vinge opgjort. I følgende kort ses antal husdyrbedrifter og dyreenheder i området, hvori transporttærskelen på 15 km radius til erhvervsparken, er markeret med den gennemsigtige cirkel.



Figur 6-2. Kort over husdyrbedrifter og dyreenheder omkring byudviklingsområdet. Cirklen indikerer en 15 km radius fra erhvervsparken i Vinge (Statsforvaltningen, 2009).

Som det ses af ovenstående kort over bedrifter og dyreenheder i oplandet, bemærkes det at en stor koncentration af dyreenheder inden for cirkelen er beliggende på Hornsherred. Det kunne antydes, at logistikken ikke ville være optimal, idet husdyrgødningen på Hornsherred skal transporteres over Roskilde Fjord via Kronprins Frederiks Bro (markeret med rød på kortet), som i dag er yderst trafikalt belastet.

I den følgende opgørelse af biogaspotentialet fra husdyrgødning er det antaget, at kun gylle fra kvæg- og svinebedrifter på over 75 DE er rentabel at inddrive til biogasformål, idet den findes i

[3] http://pdir.fvm.dk/Files/Filer/Topmenu/Publikationer/Vejledninger/Goedningsregnskab0405/kap19.htm

store råvaremængder pr. bedrift. Fjerkræ og pelsdyravl har i modsætning dertil et lavere råvaregrundlag pr. bedrift, og er derfor undladt i denne opgørelse. Dette ses af tabel 6-3, hvor antallet af bedrifter og dyreenheder er indenfor 15 km radius af erhvervsparken er opgjort.

På baggrund af nøgletal fra Biogassekretariatet, er følgende forudsætninger anvendt for at opgøre biogaspotentialet fra husdyrgødningen:

Forudsætninger	Type	***Værdi***	***Enhed***
Biogasproduktion			
1 DE		20	ton gylle
Tørstofprocent	Kvæggylle	9,3	%
Tørstofprocent	Svinegylle	5,5	%
Metanpotentiale	Kvæggylle	240	m^3/tTS
Metanpotentiale	Svinegylle	370	m^3/tTS
Udnyttelsesprocent		90	%
Metan nedre brændværdi		9,94	kWh/m^3
Eget forbrug el		5	kWh/tons råvare
Eget forbrug varme		25	kWh/tons råvare (inkl. recirkulering)
Indhold CH_4		65	%
Indhold CO_2		35	%

Tabel 6-2. Forudsætninger for opgørelse af biogaspotentialet.

Husdyrtrykket i det pågældende område kommer således hovedsageligt fra kvæg- og svinebedrifter. Når det antages, at 1 DE svarer til 20 tons husdyrgødning, giver det et årligt råvaremængde grundlag på 72.140 tons husdyrgødning til biogasformål, vel at mærke i hele oplandet i en 15 km radius fra erhvervsparken i Vinge. Dette svarer til en årlig brutto energimængde på 13.635 MWh biogas, som ses af følgende tabel.

15 km radius total	**Kvæg (>75)**	**Svin (>75)**	***Fjerkræ (>5)***	***Pelsdyr (>5)***	***Total***
Antal bedrifter	11	14	*2*	*3*	*30*
Antal DE	1.423	2.184	*111*	*48*	*3.766*
Råvaremængde tons/år	28.460	43.680	*2.220*	*960*	*75.320*
Råvaremængde tons/år	*Kun kvæg- og svinegylle*				**72.140**
Bruttoenergiproduktion MWh/år	*Kun kvæg- og svinegylle*				**13.635**

Tabel 6-3. Opgørelse af DE (dyreenheder), råvaremængder og energipotentiale indenfor 15 km radius af erhvervsparken.

Grundet den landskabelige barriere som Roskilde Fjord udgør, antages det ikke for værende rentabelt at indsamle råvare på Hornsherred og omegn, som de trafikale omstændigheder ser ud i dag.

Dette kan selvfølgelig ændre sig over tid, og med etablering af den nye fjordforbindelse i fremtiden, kunne det tænkes at det blev økonomisk forsvarligt at indsamle råvare på Hornsherred og omegn. Indtil videre og med udgangspunkt i en konservativ antagelse, baserer de videre analyser sig derfor udelukkende på ressourcer fra oplandet øst for fjorden, som ses af nedenstående tabel (på kortet er dette opland markeret med den grønne del af cirkelen).

15 km radius kun øst for fjorden	Kvæg (>75)	Svin (>75)	*Fjerkræ (>5)*	*Pelsdyr (>5)*	Total
Antal bedrifter	7	8	*2*	*3*	20
Antal DE	869	1.129	*111*	*48*	2.157
Råvaremængde tons/år	17.380	22.580	*2.220*	*960*	43.140
Råvaremængde tons/år	*Kun kvæg- og svinegylle*				**39.960**
Bruttoenergiproduktion MWh/år	*Kun kvæg- og svinegylle*				**7.581**

Tabel 6-4. Opgørelse af DE (dyreenheder), råvaremængder og energipotentiale indenfor 15 km radius af erhvervsparken, kun øst for Roskilde Fjord.

Det bemærkes at råvaregrundlaget omtrentligt halveres, og udgør små 40.000 tons husdyrgødning om året i oplandet øst for Roskilde Fjord, med et samlet biogaspotentiale i bruttoenergi på 7.581 MWh.

6.5.2 Biogaspotentiale fra spildevand og organisk affald

Opgørelsen af biogaspotentialet fra spildevand og organisk affald er baseret på den forventelige udvikling i antal indbyggere og arbejdspladser i Vinge, i de to forskellige udbygningsscenarier. Det er forudsat at organisk køkkenaffald ledes sammen med spildevandet fra bygningerne, eksempelvis via køkkenkværne, til rensningsanlæg/biogasanlæg, hvor slammet anvendes til biogasformål[4].

Følgende forudsætninger er benyttet:

Forudsætninger	*Værdi*	*Enhed*
Indhold CH_4	65	%
Indhold CO_2	35	%
Metan brændværdi	9,94	kWh/ Nm^3
Organisk affald	90	kg (pers/år)
Arbejdsplads	0,5	Person
Køkkenaffald	20,8	Nm^3 biogas (pers/år)
Fækalier	3,4	Nm^3 biogas (pers/år)
Urin	5,8	Nm^3 biogas (pers/år)
Gennemsnit	30	Nm^3 biogas (pers/år)
Procesenergibehov		
Varme	2,64	kWh/ Nm^3 biogas
El	0,467	KWh/ Nm^3 biogas

Tabel 6-5. Forudsætninger for opgørelse af biogaspotentiale i spildevand og organisk affald.

Det er antaget at hver arbejdsplads svarer til 0,5 personækvivalent og at hver person bidrager med små 90 kg organisk affald om året, der ledes ud i kloakken via køkkenkværne. Bruttoenergipotentialet i spildevand i de to scenarier, inklusive organisk affald, fordeler sig således over udviklingen:

Spildevand og organisk affald	Brutto-energi	2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Hovedscenarie								
Spildevand husstande	MWh/år	90	315	541	809	1.376	1.745	1.922
Spildevand arbejdspladser	MWh/år	36	87	142	196	300	351	375
I alt	**MWh/år**	**126**	**403**	**683**	**1.005**	**1.676**	**2.096**	**2.297**
Alternativt scenarie								
Spildevand husstande	MWh/år	68	238	408	578	954	1.333	1.627
Spildevand arbejdspladser	MWh/år	49	130	212	299	464	569	628
I alt	**MWh/år**	**117**	**368**	**620**	**876**	**1.417**	**1.902**	**2.255**

Tabel 6-6. Biogaspotentialet i spildevand og organisk affald ved de to scenarier.

[4] Økonomi og evt. miljømæssige udfordringer i forbindelse med denne løsning er ikke undersøgt nærmere og vil kræver en mere detaljeret analyse (se evt. også afsnit 14.2.2).

Som det ses af ovenstående tabel, er der ikke det store energipotentiale i spildevandet i forhold til i husdyrgødning, selvom organisk køkkenaffald medregnes i opgørelsen. Det ville derfor være en fordel at supplere med vegetabilske og/eller animalske restprodukter fra fødevare- og industrivirksomheder i oplandet. Dette kunne øge biogasproduktionen betydeligt, dog er der i denne opgørelse ikke identificeret potentielle industrivirksomheder i nærområdet, der kan bidrage med bioaffald. Det bemærkes i øvrigt at, biogaspotentialet stort set er ens i de to udbygningsscenarier, og kun adskiller sig ved fordelingen af spildevand fra henholdsvis husstande og arbejdspladser.

6.5.3 Samlet biogaspotentiale

Det samlede realiserbare brutto biogaspotentiale fra både husdyrgødning, køkkenaffald og spildevand går fra ca. 7.700 MWh/år i 2015 til ca. 9.800 MWh/år i 2060, og ses af nedenstående tabel.

Primærenergi potentialer	**Brutto**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**
Hovedscenarie								
Husdyrgødning	MWh/år	7.581	7.581	7.581	7.581	7.581	7.581	7.581
Spildevand husstande	MWh/år	90	315	541	809	1.376	1.745	1.922
Spildevand arbejdspladser	MWh/år	36	87	142	196	300	351	375
Samlet potentiale	**MWh/år**	**7.707**	**7.984**	**8.264**	**8.586**	**9.257**	**9.677**	**9.878**
Alternativt scenarie								
Husdyrgødning	MWh/år	7.581	7.581	7.581	7.581	7.581	7.581	7.581
Spildevand husstande	MWh/år	68	238	408	578	954	1.333	1.627
Spildevand arbejdspladser	MWh/år	49	130	212	299	464	569	628
Samlet potentiale	**MWh/år**	**7.698**	**7.949**	**8.201**	**8.457**	**8.999**	**9.483**	**9.836**

Tabel 6-7. Samlede biogaspotentialer i primærenergi.

Bruttopotentialet indikerer udelukkende de potentielle energimængder der kan udvindes af råvarerne. Ved produktion af biogas medgår en del af den udvundne energi til selve processen, heriblandt el til pumper, centrifuger, shreddere m.m., samt varme til opvarmning af den våde biomasse, så forrådnelsesprocessen opnår optimale betingelser.

Eksempelvis kunne det antages, at biogasproduktionen anvendtes i et motoranlæg og følger de tidligere anførte forudsætninger for procesenergi, og at biogasmotoren har følgende karakteristika jf. tabel 6-8.

Biogasmotor	***Værdi***	***Enhed***
Fuldlasttimer	7.900	timer
Varmevirkningsgrad	45	%
Elvirkningsgrad	39	%

Tabel 6-8. Forudsætninger for biogasmotor.

Ved disse forudsætninger for et biogasanlæg, kan der med det potentielle biogasgrundlag, berettiges et motoranlæg med en effekt på ca. 450 kW varme og ca. 400 kW el i 2020 og 560 kW varme og 490 kW el i 2060. Disse effekter svarer til et typisk større gårdbiogasanlæg.

Grundet den lille andel, som biogaspotentialet ved spildevand og organisk affald udgør, samt at det har et højere forbrug af procesenergi til opvarmning, holdes den overskydende varmeproduktion nogenlunde konstant over perioden. Elsalget stiger som antallet af indbyggere og arbejdspladser i byudviklingsområdet øges, idet elforbrug til proces for spildevand ikke er særligt stort, relativt til proces-varmeforbruget.

Energiproduktion ved biogasmotor (hovedscenarie)		2015	2020	2025	2030	2040	2050	2060
Indfyret energi (primærenergi)	MWh/år	7.707	7.984	8.264	8.586	9.257	9.677	9.878
Varmeproduktion an værk	MWh/år	3.468	3.593	3.719	3.864	4.166	4.355	4.445
Elproduktion an værk	MWh/år	3.006	3.114	3.223	3.349	3.610	3.774	3.852
Procesenergi Varme	MWh/år	1.050	1.164	1.278	1.410	1.685	1.857	1.939
Procesenergi el	MWh/år	209	229	249	272	321	351	366
Varmesalg ab værk	MWh/år	2.418	2.429	2.440	2.453	2.481	2.498	2.506
Elsalg ab værk	MWh/år	2.797	2.885	2.974	3.076	3.289	3.423	3.486
Varmeeffekt	kW	439	455	471	489	527	551	563
Eleffekt	kW	380	394	408	424	457	478	488

Tabel 6-9. Energiproduktion ved motoranlæg - samlet biogaspotentiale i hovedscenariet.

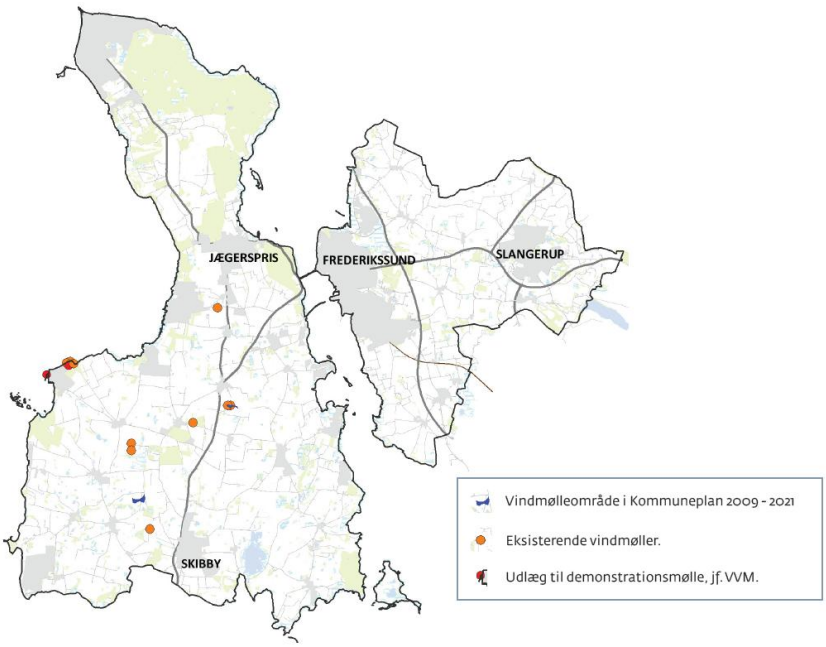
Biogas kan således ved fuld udbygning af Vinge og CCP i 2060, og med de nuværende betingelser og forudsætninger, som denne opgørelse opererer med, teoretisk bidrage med en CO_2-neutral varmeleverance på ca. 2.500 MWh/år og et CO_2-neutralt elsalg på ca. 3.500 MWh/år.

I forhold til udbygningsscenarierne, er bruttovarmebehovet i 2060, omkring 22.000 MWh/år, og varmeleverancen fra en biogasmotor, kunne således dække omkring 10 % af dette varmebehov. Elsalget vil kunne bidrage med ca. 3.500 MWh/år, hvilket udgør 13-14 % af det samlede elbehov på ca. 26.000 MWh/år i 2060.

Erfaringer viser, at når et biogasanlæg først er etableret, dukker der flere sekundære råvarekilder op, som man ikke har kunnet kortlægge under projekteringen. Dette kunne eksempelvis være græsafklip fra golfbaner, boldbaner, kommuner m.m. eller anden organisk affald fra gartnerier eller fødevarevirksomheder, hvilket vil kunne bidrage til et øget biogaspotentiale i nærområdet.

6.5.4 Vindkraftpotentiale

Frederikssund Kommune har i deres Kommuneplan 2009-2021 udpeget flere områder til opsætning af vindmøller, udelukkende på Hornsherred, hvor vindpotentialet er størst. Lokaliteter fremgår af nedenstående kort fra kommuneplanen.



Figur 6-3. Udpegede vindmølleområder inkl. bufferområder, samt eksisterende vindmøller over 25 m. Kilde: Kommuneplan 2009-2021, Frederikssund Kommune.

I skrivende stund eksisterer der 10 vindmøller i kommunen ifølge Energistyrelsens Stamdataregister for vindmøller, alle beliggende på Hornsherred. Den samlede vindkraftkapacitet andrager små 3 MW el, og totalhøjden på de to største møller er 62 m, med en effekt på 600 kW el hver.

Karakteristika for de 10 eksisterende vindmøller i Frederikssund Kommune, ses af tabellen nedenfor.

Dato for oprindelig nettilslutning	Kapacitet	Rotordiameter	Navhøjde	Totalhøjde	Fabrikat	Typebetegnelse	Årsproduktion 2011	Fuldlasttimer
	kW	***m***	***m***	***m***			***kWh***	***timer***
21-07-1993	400	31	36	51,5	Micon	M 750	797.179	1993
21-07-1993	400	31	36	51,5	Micon	M 750	797.179	1993
21-07-1993	400	31	36	51,5	Micon	M 750	797.179	1993
01-03-1990	200	27	30	43,5	Micon	M 530	322.829	1614
08-11-1999	600	44	40	62	BONUS	Ukendt	1.034.521	1724
08-05-1985	55	15	22	29,5	Vestas	V 55-11	46.534	846
20-04-1990	200	27	30	43,5	Micon	M 530	328.119	1641
27-04-1982	75	17	22	30,5	Vestas	V 17-75	83.059	1107
08-11-1999	600	44	40	62	BONUS	Ukendt	1.034.521	1724
27-08-2010	55	15	18	25,5	Nordtank	Ukendt	25.288	460
I alt	*2.985*						*5.266.408*	

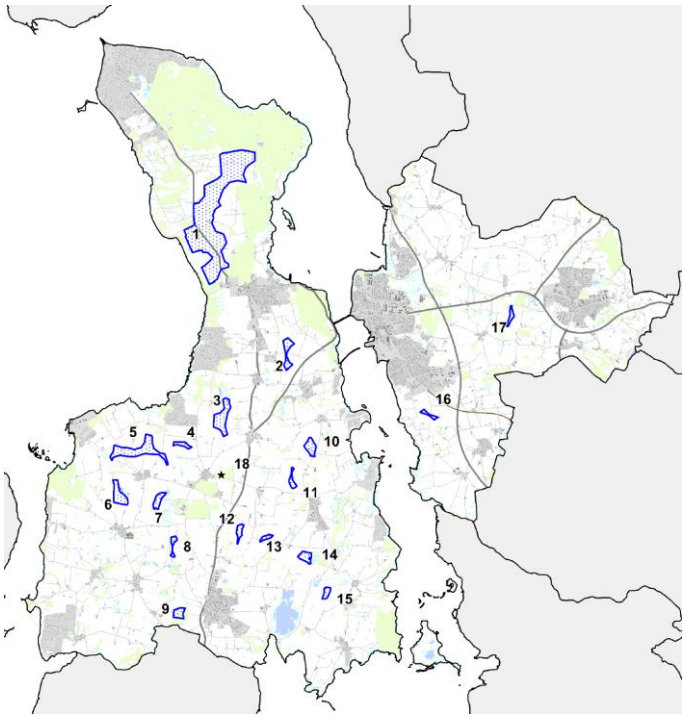
Tabel 6-10. Eksisterende vindmøller i Frederikssund Kommune. Kilde: Energistyrelsens Stamdataregister for vindmøller ultimo juli 2012.

Det fremgår af tabellen, at de installerede vindmøller i Frederikssund Kommune næsten alle er tæt på deres tekniske levetid på 20-25 år, og de må forventes udskiftet med vindmøller med større kapacitet inden for en kort tidshorisont. Den samlede årsproduktion af vindmølle el i kommunen udgjorde i 2011 ca. 5.250 MWh.

I kommuneplanens retningslinjer for lokalplanlægning af nye vindmøller i de udpegede områder, skal totalhøjden være mellem 60 og 80 m, og afstanden mellem vindmøllerne skal være mellem 3 til 4 gange rotordiameteren, og skal opstilles på en ret linje, med samme indbyrdes afstand.

Disse retningslinjer for opstilling af nye vindmøller sætter således en begrænsning på den maksimale potentielle kapacitet der kan opsættes på land i kommunen. Dog er der 2 mulige lokaliteter udlagt til en demonstrations vindmølle hver, hvor totalhøjden maksimalt må være 150 meter.

Imidlertid har Frederikssund Kommune udarbejdet et debatoplæg omkring vindmøller til den næste revision af kommuneplanen i 2013. Her gør kommunen klart, at der skal udpeges områder til større og mere økonomisk rentable vindmøller, end hvad kommuneplanen indtil videre foreskriver. De foreslåede områder til debat og høring ses af følgende kort.



Figur 6-4. Potentielle vindmølleområder. Område 1-17 er baseret på analyser, hvor der kan opstilles grupper af 100-150 m høje vindmøller. Område 18 er baseret på en konkret ansøgning. Kilde: Debatoplæg om vindmøller - Frederikssund Kommune, 2012.

For at imødekomme muligheden for at øge vindkraftkapaciteten i kommunen, er der i debatoplægget lagt op til at der kan planlægges vindmøller med en totalhøjde mellem 100 og 150 m. Yderligere opfordres der til at gruppere vindmøllerne på en æstetisk forsvarlig vis.

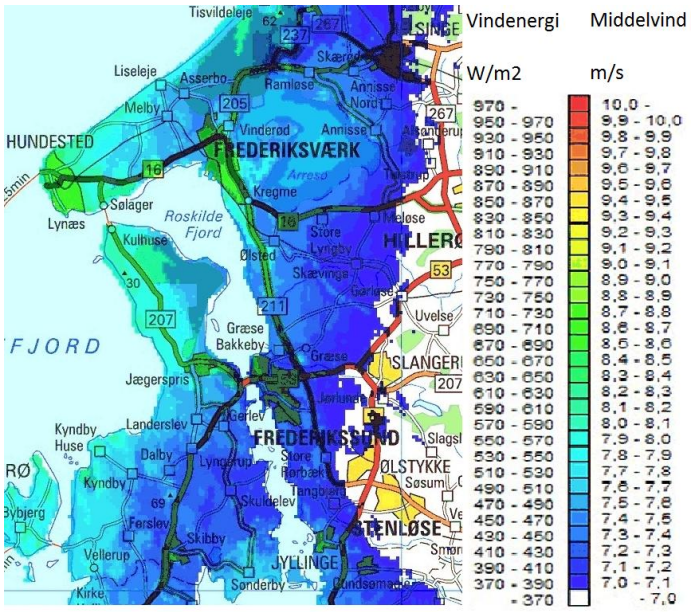
Ifølge den gældende kommuneplan, skal det indbyrdes størrelsesforhold, harmoniforholdet, mellem rotordiameter og navhøjde være 1:1 (+/- 10 %). Dette giver minimum og maksimum højder inden for de forskellige effektklasser og rotordiametre, som det ses af tabel 18.
Således kan effektstørrelserne forventes at ligge i området 2-3 MW pr. vindmølle, for nye landbaserede vindmøller i Frederikssund Kommune.

Rotor-diameter	Effekt	Maks. Navhøjde	Min. Navhøjde	Maks. Totalhøjde	Min. Totalhøjde	Afstand. 4 x maks. totalhøjde	Afstand 4 x min. totalhøjde
m	kW	m	m	m	m	m	m
27	225	30	25	44	38	174	152
33	300	37	30	53	47	213	186
40	500	44	36	64	56	258	225
44	600	49	40	71	62	284	248
48	750	53	44	77	68	309	271
54	1.000	60	49	87	76	348	304
64	1.500	71	58	103	90	412	361
72	**2.000**	**80**	**65**	**116**	**101**	**464**	**406**
80	**2.500**	**89**	**73**	**129**	**113**	**516**	**451**
90	**3.000**	**100**	**82**	**145**	**127**	**580**	**507**
120	3.600	133	109	193	169	773	676

Tabel 6-11. Rotordiameter, tårnhøjder, totalhøjder og afstandskrav ved forskellige effektstørrelser og harmoniforhold. Kilde: Windpower.org.

Vindforholdene på land i kommunen er fornuftige, og kommunen har nogle af de bedste vindforhold i Region Hovedstaden. I størstedelen af kommunen er middelvindhastigheden over 5,5 m/s i 100 meters højde, hvilket Kommunernes Landsforening (KL) anbefaler som en mindste værdi, for at sikre etablering af rentable landbaserede vindmøller. Dette understøttes af følgende kort med

middelvindhastighed over kommunen, hvor det bemærkes, at specielt den østlige del af Hornsherred har gode vindforhold.



Figur 6-5. Vindenergi (W/m^2) og middelvindhastighed (m/s) i 100 m højde. Kilde: Risø og Energi- & Miljødata[5].

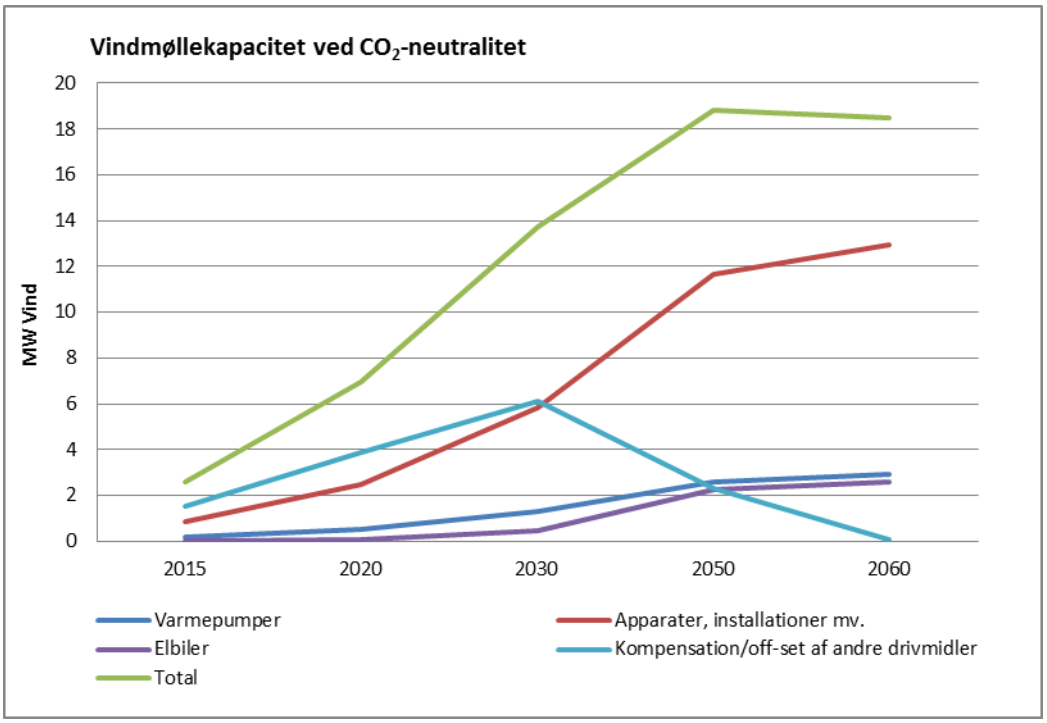
I tabel 19 fremgik antal fuldlasttimer i år 2011 for de eksisterende vindmøller i kommunen. For de største vindmølle, lå antal fuldlasttimer i mellem ca. 1.600 og 2.000 timer.

Fuldlasttimer er et udtryk for udnyttelsesgraden af vindmøllens installerede generatoreffekt, og fås ved at dele årsproduktionen med den pågældende installerede el-effekt. Derved fås det antal timer vindmøllen skulle have kørt ved fuld effekt, for at opnå den givne årsproduktion. Antal fuldlasttimer for vindmøllers vedkommende benyttes blandt ved tildeling af driftstilskud.

I kommunens debatoplæg omkring vindmøller, antydes det, at der i fremtiden skal planlægges for større og mere økonomiske vindmøller med totalhøjder mellem 100 og 150 m. Det må derfor antages, at antal fuldlasttimer er noget højere end hvad de eksisterende vindmøller i gennemsnit præsterer pt., i det vindpotentialet er større ved øget højde. I denne opgørelse sættes fuldlasttimer til værende 2.000 timer.

Selv hvis kun de nuværende vindmøller udskiftes med 2-3 MW vindmøller, vil kommunens samlede vindmøllekapacitet nå 20-30 MW, så det må vurderes at vindkraftpotentialet i forhold til Vinge er tilstrækkeligt i forhold til at opnå CO_2-neutral drift.

[5] http://emd.dk/EMD%20online/Wind%20Resource%20Map/



Figur 6-6. Påkrævet vindkraftkapacitet til at dække elbehovet i Vinge med vindmøllestrøm alene, samt off-set ved transport (beregnet på baggrund af gennemsnitsværdier af de to udbygningsscenarier).

Ud fra en fysisk-teoretisk tilgang for at imødekomme elbehovet med miljøvenlig elproduktion fra vindmøller, er det i begge udbygningsscenarier nødvendigt at installere vindmøller fordelt ud over perioden, som det fremgår af ovenstående figur.

Frederikssund Erhverv har oplyst, at der arbejdes på et særskilt projekt parallelt med EUDP-projektet, hvor muligheden for etablering af 2 x 2,0-2,3 MW vindmøller i området ved Erhvervsparken undersøges. Årlig produktion fra disse forventes at andrage op til 12 GWh el. Disse vindmøller bør selvfølgelig inddrages i vurderingen af den samlede nødvendige vindmøllekapacitet for at opfylde kravet om Vinges CO_2-neutralitet.

Da kravet om CO_2 neutralitet i Vinge er på årsbasis, kan der ikke "akkumuleres" CO_2 fri el-produktion fra år til år. Derfor skal årsproduktionen fra vindmøllerne til et hvert år minimum svare til el-behovet. Dette giver selv sagt en overproduktion af vindmølle-el over perioden, som kunne anvendes til elbiler eller til at fortrænge fossile kilder fra eksempelvis transport i de første faser af byudviklingen (se også mere om dette i afsnit 13.7).

7. SEMI-DECENTRAL ENERGIFORSYNING

Byen udbygges i takt med salg af grunde og dermed i mange etaper over lang tid.
Dette betyder, at en central forsyning måske ikke er den mest fleksible, mens den meget decentrale (individuel) forsyning af hver enkelt bolig og boligblok på den anden side heller ikke nødvendigvis er en optimal løsning, da denne løsning ikke fuldt ud kan udnytte "stordrift" i indkøb og drift, herunder den reducerede samlede kapacitet for et fælles system, som er en følge af det ikke samtidige forbrug (samtidighedsfaktoren).

Der er derfor skitseret mulige semi-centrale/semi-decentrale løsninger, hvor flere enheder kobles sammen. Derved opnås visse stordriftsfordele samtidig med, at investeringerne i en fælles infrastruktur begrænses. Det betyder også, at de mest omfattende pre-investeringer (investeringer der ikke udnyttes fuldt ud før alle er tilsluttet) i infrastruktur undgås.

De løsninger, der er undersøgt, er baseret på de samme energiproducerende enheder som i de decentrale løsninger, dvs. kombinationer af:

- Solceller,
- Termiske solfangere
- Varmepumper
- Ovenstående i kombination med en centralt placeret, fælles lagertank med varmt vand med det formål at udligne produktion og forbrug over døgnet.

Der henvises til beskrivelserne for de decentrale løsninger vedr. teknologier og for de indledende afsnit for data vedrørende behov og produktion.

Der er gennemregnet modeller for sammenslutning af boliger – tæt-lav – med 10, 50, 100 og 400 med sammenkoblede solcelle anlæg og solfangere, men med en fælles stor varmepumpe hvor jordslangen er udlagt over alle haverne i de tilsluttede ejendomme. Der vil således være behov for at etablere et fælles ejerskab og/ eller fælles driftsselskab, som forestår anlæg, drift og vedligehold, på tilsvarende måde som i en ejerforening. Det betyder, at der skal etableres et mindre fælles bygværk til varmepumper og forsyningspumper samt større varmtvandsbeholder i tilknytning til hver gruppe af boliger.

For lejlighedskomplekser, kontorejendomme og institutioner er der så store forbrug, at de decentrale scenarier allerede belyser situationer svarende til semi-centrale/semi-decentral forsyning. Der er derfor ikke beregnet med yderligere alternativer.

Ved at skabe fællesskaber, som belyst ved de fire forskellige eksempler (10, 50, 100 og 400 enheder), opnås relativt korte forsyningsledninger for varmt vand/returvand (mini fjernvarme), og lagertankens volumen kan reduceres med mindst 20 % i forhold til de individuelle løsninger på grund af udligning i spidsforbrugene, på tilsvarende måde som det er praksis i blokvarme/fjernvarmesystemer.

Resultaterne af disse beregninger er angivet i kapitel 8 sammen med resultaterne af de øvrige scenarier.

Resultaterne af de økonomiske analyser viser en tendens til, at fælles semi-decentrale anlæg for 10 til 50 enheder er en attraktiv løsning. En sådan løsning er samtidig meget fleksibel at etablere efterhånden som byen udbygges og den kan optimeres i takt med teknologiudviklingen på både solceller, termiske solfangere og varmepumper. Det er også en attraktiv løsning for lejlighedskomplekser og større kontorejendomme (i begge sidstnævnte tilfælde er anlæg netop fælles for et større areal).

Ved at etablere fælles anlæg for et mindre antal boliger – tæt lav – opnås en række fordele så som lavere anlægsudgifter og potentielt lavere driftsudgifter pga. udligning af forbrug. Forudsætningen kan være, at der nødvendigvis skal etableres et organisatorisk fællesskab til at drive og vedligeholde anlæggene på tilsvarende måde, som i en ejerforening i et ejerlejlighedskompleks.

Ved sammenkobling af 100 eller flere boliger i en fælles løsning må det forventes, at fællesskabet organisatorisk skal etableres som et ”mini fjernvarmeselskab”.

7.1 Alternative semi-decentrale løsninger

En løsning analog med de ovenfor beskrevne løsninger, men med fælles jordslange og individuelle varmepumper til de enkelte boliger, har været overvejet og prissat.
Fordelen vil være reducerede omkostninger ved den fælles jordslange frem for individuelle, og fælles brine pumpe, men besparelserne vurderes som meget beskedne i sammenligningen, og denne løsning er udeladt i de gennemregnede scenarier. Den store fordel ved de semi centrale/decentrale løsninger, som består i reduceret samlet kapacitet for varmepumper og stordriftsfordel ved en fælles varmepumpe, realiseres ikke, når det kun er jordslangedelen, som er fælles.

8. SAMMENLIGNING OG VURDERING AF ENERGISCENARIER PÅ TVÆRS

I dette afsnit foretages en teknisk- økonomisk vurdering af varmeforsyningsformer til Vinge byudviklingsområde. Vurderingen er opstillet som en konceptanalyse, dvs. uden inddragelse af evt. specifikke lokale forhold og strategiske overvejelser.

8.1 Grundlag

8.1.1 Alternativer

Ved vurderingen sammenlignes de 3 alternative varmeforsyningsstrukturer, dvs. hhv. individuel varmeforsyning, bygningsklyngemæssig varmeforsyning samt central fjernvarme, der også benævnes som decentral, semidecentral og central udbygningsstruktur. Inden for disse 3 udbygningsstrukturer opstilles forskellige varmeforsyningsvarianter. Alternativerne fremgår af tabellen nedenfor:

Alternativ	Variant ID	Variant beskrivelse
Decentral	D1	Individuelle VP m/stor akkumulator
	D2	Individuelle VP m/stor akkumulator samt ca. 25 % solvarmedækning
	D3	Individuelle VP m/stor akkumulator samt ca. 50 % solvarmedækning
Semi-decentral	S1	VP m/akkumulator
	S1K1	- Fællesanlæg for mindre bygningsklynger
	S1K2	- Fællesanlæg for mellemstore bygningsklynger
	S1K3	- Fællesanlæg for store bygningsklynger
	S2	VP m/akkumulator og ca. 25 % solvarmedækning
	S2K1	- Fællesanlæg for mindre bygningsklynger
	S2K2	- Fællesanlæg for mellemstore bygningsklynger
	S2K3	- Fællesanlæg for store bygningsklynger
Central	C1	Fjernvarme med fælles VP m/akkumulator
	C2	Fjernvarme med fælles VP m/akkumulator og ca. 25 % solvarmedækning

Tabel 8-1. Dækning af varmebehov (inkl. tab fra akkumulator) i det decentrale energiscenarie ved forskellige varianter af solfangerandelen.

Analysen foretages på de 2 alternative byudviklinger: Hovedscenariet og det alternative scenario.

8.1.2 Teknisk grundlag

Ved alle de alternativer, der belyses i den teknisk- økonomiske vurdering, er der forudsat følgende tekniske løsning:

- Solceller til at dække det samlede årlige elbehov.
- Eldrevne varmepumper til at dække varmebehovet (opvarmning og varmt brugsvand).
- Varianter omfattende dels ingen solfangere og dels moderat og høj solfangerandele til at supplere varmepumpen.
- Store varmeakkumulatorer til at udjævne døgnsvingninger, så varmepumper drevet direkte af solcelle-el samt solfangere udnyttes maksimalt til at dække varmebehovet.

Generelt er der tale om af velgennemprøvede tekniske komponenter med lave driftsudgifter, lavt behov for vedligeholdelse, ingen lokal luftforurening samt intet behov for tilkørsel af brændsler og bortskaffelse af væsentlige affaldsprodukter.

Solcellearealet designes efter kriteriet om at sikre en CO_2-neutral bebyggelse. Dette betyder, at der etableres et netop så stort solcelleareal, at solcelle-el på årsbasis dækker bygningernes samlede elbehov til varmepumperne samt apparater og installationer. Ved sammenligningen af alternativerne belyses således alene solceller som løsningen til at dække elbehovet. Det skal dog

nævnes, at etablering af vindmøller kunne vælges i stedet for solcelleanlæg til at dække elbehovet. Vindmøllerne kobles dog på det fælles elnet, mens solcelle-el leveres direkte.

Da solcelle-el ikke produceres samtidigt med elbehovet, vil der ske en udveksling af el med det omgivende elnet. Bebyggelsen vil således til visse tidspunkter modtage el fra nettet med en CO_2 -belastning og på andre tidspunkter levere CO_2 -neutral el ud på nettet. Leverancerne til nettet vil ske i dagtimerne, hvor det vurderes, at CO_2 -indholdet i el generelt er højere end døgngennemsnittet, hvorfor der alt i alt kan antages en positiv CO_2 -balance. Dette er dog ikke indregnet i analysen.

Der antages jordvarme med COP = 4,0 for bygningstyperne tæt-lav bolig, skole og institution, mens der antages luftvand-varmepumper med COP = 3,7 for de øvrige bygningstyper (etagebolig, Kontor/erhverv og produktionsareal). COP-værdierne er vægtede årsgennemsnit.

Store varmeakkumulatorer sikrer, at varmepumper drevet direkte af solcelle-el samt solfangere udnyttes maksimalt til at dække varmebehovet. Store varmeakkumulatorer giver også mulighed for at udnytte en evt. varierende el-tarif. Mulighederne i tilfælde af differentieret el-tarif er dog ikke indregnet i analyserne. Store varmeakkumulatorer bidrager imidlertid med et øget varmetab. Ved f.eks. installation af en 2 m^3 varme-akkumulator individuelt for hver tæt-lav beboelse vurderes det, at det samlede årlige varmebehov øges med 10 % set i forhold til en almindelig installation.

Uden solfangere antages 50 % af det årlige varmebehov dækket af varme fra varmepumper drevet af egen solcelle-el, mens 50 % baseres på el fra el-nettet. Med målet om CO_2-neutralitet antages det som nævnt, at der eksporteres ligeså meget solcelle-el til el-nettet, som der importeres af el udefra.

Hvis der installeres solfangere, antages det, at den til rådighed værende solcelle-el benyttes om dagen til drift af både varmepumpe og solvarmeanlæg, og overskydende varme lagres i den store varme-akkumulator. Det betyder, at varmepumpens produktion reduceres, men vil benytte relativt mere el udefra. En begrænset forskydning mod relativt mere el udefra til varmepumpen vil dog ikke have nogen nævneværdig indflydelse på analyseresultaterne.

I den decentrale udbygningsstruktur indregnes 3 varianter for solvarmedækning: Ingen solfangere, moderat (76 % af VBV[6]) og stor solfangerandel (30 % af RV[7] + 80 % af VBV). Moderat solfangerandel svarer til dækning af ca. 25 % af det samlede årlige varmebehov, mens den store solfangerandel svarer til ca. 50 % dækning. Fordelingen er vist i tabellen nedenfor.

Ved de semidecentrale og centrale udbygningsstrukturer antages der to varianter: Ingen solfangere hhv. solfangerne som fællesanlæg med en solvarmedækning på 25 % af bebyggelsens varmebehov. Disse to varianter vil være sammenlignelige med de to varianter i decentrale udbygningsstruktur, hvor der er hhv. ingen solvarme og moderat solvarme. Der antages fuld ud at være akkumulatorkapacitet nok til en solvarmedækning på 25 % ved de semidecentrale og centrale løsninger.

Ved de centrale løsninger kan distributionsnettets varmetab påvirke driftsøkonomien væsentligt. Alt efter hvordan byudviklingen vil foregå, kan der i de første år risikeres et stort varmetab pga. tab fra lange hovedledninger til relativt få bygninger med lavt varmebehov, og varmetabet kan svinge afhængigt af, hvor de første bygninger opføres. Forholdene ved den begrænsede byudvikling i de første år vægter dog meget lidt i den samlede vurdering. Efter nogle års fortsat byudvikling antages varmetabet at stabilisere sig i takt med den større bygningsmasse. Pga. lavtemperaturdrift, antages varmetabet at stabilisere sig på et niveau omkring 16-18 % som vist i følgende figur.

---

[6] Varmt Brugsvand

[7] Rum Varme

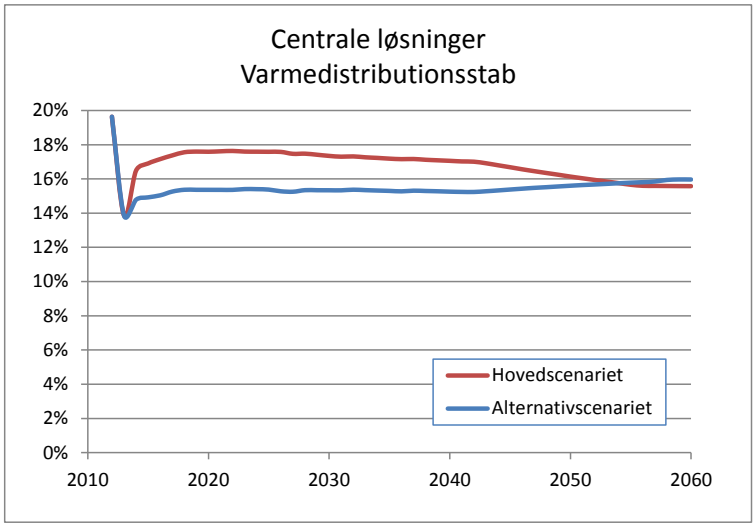
Uden solvarme	VP solcelle MWh/år	Solvarme MWh/år	VP el udefra MWh/år	SUM MWh/år
Beboelse				
Tæt/lav	2,5	0,0	2,5	5,0
Etagebolig	58,2	0,0	58,2	116,4
Andet				
Kontor/erhverv	20,5	0,0	20,5	41,0
Produktionsareal	40,6	0,0	40,6	81,1
Skole+sportsplads	35,6	0,0	35,6	71,1
Institution	15,5	0,0	15,5	30,9

Solvarmedækning 0% af RV 67% af VBV	VP solcelle MWh/år	Solvarme MWh/år	VP el udefra MWh/år	SUM MWh/år
Beboelse				
Tæt/lav	1,6	1,5	1,9	5,0
Etagebolig	35,4	38,4	42,5	116,4
Andet				
Kontor/erhverv	16,5	6,7	17,8	41,0
Produktionsareal	32,7	13,3	35,1	81,1
Skole+sportsplads	28,6	11,7	30,9	71,1
Institution	12,5	5,0	13,5	30,9

Solvarmedækning 30% af RV 81% af VBV	VP solcelle MWh/år	Solvarme MWh/år	VP el udefra MWh/år	SUM MWh/år
Beboelse				
Tæt/lav	1,0	2,5	1,5	5,0
Etagebolig	20,3	64,0	32,1	116,4
Andet				
Kontor/erhverv	10,3	17,2	13,5	41,0
Produktionsareal	20,2	34,4	26,6	81,1
Skole+sportsplads	17,5	30,1	23,5	71,1
Institution	7,7	12,9	10,3	30,9

Tabel 8-2. Dækning af varmebehov (inkl. tab fra akkumulator) i det decentrale energiscenarie ved forskellige varianter af solfangerandelen.

I ovenstående tabel ses hvordan dækning af varmebehovet kunne ske ved forskellige varianter af solfangerandelen til rumvarme og varmt brugsvand fordelt på bebyggelsestyperne. Dimensionerne på designenhederne for tæt/lav er på ca. 150 m2 og etageboliger er ca. 32 x 120 m2 svarende til ca. 3.840 m2 etagebolig i alt. Det ses, at el-produktionen fra solcellerne er faldende for både for tæt/lav bebyggelse og etageboliger i takt med at solvarmedækningen øges samtidig med at behovet for el til varmepumperne ude fra øges.



Figur 8-1. De centrale løsningers beregnede varmedistributionstab

8.1.3 Grundlag for økonomiske beregninger

I de økonomiske beregninger betragtes de 2 udbygningsscenarier frem til og med 2032 (20 år). Det antages i den periode, at alle installationsomkostninger er konstante i faste priser. Der regnes dog på en variant, hvor anlægsprisen for solceller antages at falde til 50 % i løbet af de næste 25 år (frem til 2042). Det betyder, at prisen for solcelle-el vil variere alt efter opførelsestidspunktet.

Forventet teknisk levetid, som benyttes i analysen, fremgår af oversigten nedenfor. Forskelle i den forventede tekniske levetid reguleres ved at indregne scrapværdier i år 2032.

Anlægsdel	Levetid, år
Varmepumpeanlæg	20
Solfangeranlæg	25
Solcelleanlæg	25
Varmeakkumulatorer	25
Tagkonstruktion	50
Fjernvarmeledninger	40

Tabel 8-3. Anvendt teknisk levetid for anlæg.

I de økonomiske beregninger vurderes alene brugerøkonomi over den 20 årige driftsperiode, idet selskabsøkonomi for et varmeforsyningsselskab antages at følge hvile i sig selv-princippet iht. Varmeforsyningsloven.

For de individuelle løsninger vil der ikke være behov for en fælles varmeforsyningsorganisation med egen selskabsøkonomi. For kollektive løsninger forventes der etableret et fælles forsyningsselskab, hvor brugernes økonomi og selskabets økonomi i praksis vil blive adskilt. I henhold til hvile i sig selv-princippet vil den enkelte forbruger dog over tid være underlagt netop den økonomiske byrde, som omfatter de fælles investeringer og driftsomkostninger, som er lagt ud i det fælles selskab. Det betyder, at den samlede bruger- og selskabsøkonomi over tid vil være identisk, men kan variere i de enkelte år alt efter selskabets afskrivningspolitik, ligesom tarifpolitikken kan betyde en differentiering af den økonomiske belastning mellem forskellige kundegrupper. Det skal dog nævnes, at et forsyningsselskab har en række administrations- og måleromkostninger, som ikke optræder i de individuelle løsninger.

De samfundsøkonomiske beregninger er gennemført efter Energistyrelsens forskrifter dvs. "Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet" fra april 2005 samt "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet" fra september 2012. Ved den samfundsøkonomiske beregningsmetode foretages en række prismæssige korrektioner, som er udtryk for, hvordan den valgte varmeforsyningsform økonomisk påvirker det omgivende samfund. Man kan sige, at korrektionerne har til formål at holde det omgivende samfund økonomisk skadesløs som følge af projektets realisering.

Indebærer projektet f.eks. et tab af skatte- eller afgiftsprovenu for staten, skal der korrigeres for, at det tabte provenu må indhentes ved at indsamle tilsvarende forvridende skatter i det omgivende samfund. Det betyder, at den samfundsøkonomiske metode fremmer løsninger, der er modsat af den privatøkonomiske præference om at minimere brug af afgiftsbelagt energi.

Iht. til forudsætningsskrivelsen sættes kalkulationsrenten til 5 %, men som alternativ vurderes det, om et valg af 3 % kalkulationsrente vil have indflydelse på resultaterne.

Eneste 'energikilder' er el og sol, dvs. enten solcelle-el, el fra nettet eller solvarme. Ud over anlægsomkostningen er solcelle-el's eneste samfundsøkonomiske omkostning skatteforvridningen som følge af statens provenutab ved den afgiftsfrie el-produktion. Mens solcelle-el således betragtes som en skatteforvridende omkostning for samfundet, er det privatøkonomisk attraktivt, netop fordi det er afgiftsfrit.

Selskabs- og privatøkonomisk antages iht. til senest energiaftale, at prisen på solcelle-el, der eksporteres ud på nettet (sælges til staten) aftrappes fra 1,30 kr./kWh til 60 øre/kWh i løbet af 5 år.
Import af el til varmepumpe antages købt som elvarme, idet elvarmeafgiften (for elforbrug over 4.000 kWh) med det seneste finanslovsforlig nedsættes med 36,8 øre/kWh inkl. moms fra 2013. Elprisen til elvarme vil således komme ned på ca. 1,79 kr./kWh fra 2013, mens almindelig el købes til ca. 2,30 kr./kWh inkl. moms.

Privatøkonomisk antages nettets elpris at udvikle sig som Energistyrelsen prognose for den samfundsøkonomiske elpris an husholdning, og der regnes med, at afgifter er konstante i faste priser(dvs. generelt følger inflationstakten). Med el og sol som eneste energikilder er der ikke regnet med, at den varslede forsyningssikkerhedsafgift får indflydelse.

Ved opsætning af solcelle- og solvarmepaneler på taget (og facader) i de individuelle løsninger indgår besparelser i bygningernes tagkonstruktion. Det forudsættes, at der bygningskonstruktionsmæssigt og arkitektonisk sikres tilstrækkeligt sydvendt tag- eller facadeareal (for tæt-lav op til 40 m^2 pr bolig). For fælles fjernvarmeløsninger antages solcelle- og solvarmepaneler placeret i samlede enheder fritstående på stativer på jord. Anlægsomkostningerne pr m^2 for fritstående solcelleanlæg antages lig med de individuelle tagintegrerede anlæg inkl. besparelsen i tagkonstruktionen, idet fritstående anlæg antages væsentligt nemmere at opsætte. For solvarmeanlæg antages en væsentlig besparelse pr. m^2 areal ved opsætning frit på stativer, idet der antages mulighed for at erhverve af marginaljorde til et prisniveau svarende til landbrugsjord.

I praksis kan det tænkes at lade solcellearealerne så vidt muligt indgå i bygningskonstruktionerne, f.eks. i tag og facade til beklædning af den fælles varmecentral, der skal indeholde de fælles varmepumper, fjernvarmepumper, en stor fælles akkumulatortank, en oliefyret kedel som reservelast samt div. hjælpeudstyr (eltavle, styringsanlæg mv.). Det kollektive solvarmeanlæg antages i praksis placeret passende på marginale jordarealer eller støjvolde. Der kan overvejes en strategisk placering, der gør det muligt at integrere det som et fællesanlæg med Frederikssunds fjernvarme.

Ved den centrale varmeforsyningsløsning optræder også en oliefyret backupkedel. Den antages kun at dække 1 % af den årlige varmeproduktion og vil derfor kun have en minimal driftsøkonomisk betydning og en negligeabel indflydelse på CO_2-udledningen. Fordelen ved backupkedlens forøgelse af forsyningssikkerheden - og dermed af komfort set i forhold til individuelle alternativer - er ikke vurderet nærmere.

Ved sammenligning af de forskellige forsyningsalternativers omkostninger, er det vigtigt at pointere, at de beskrevne omkostninger i praksis kan opleves forskelligt af den kommende bygningsejer, alt efter om der er tale om individuelle løsninger eller kollektive løsninger:

- Ved individuelle løsninger lægges anlægsomkostninger typisk ind under den almindelige bygningsomkostning (lejeudgift eller afbetaling på ejerlån). Service af varmepumpe mv. indgår ligeledes i den almindelige drift af bygningen og målerafregning og administrationsomkostninger indgår implicit i elprisen. Samlet set indgår varmeomkostninger således under en række andre omkostninger.
- Ved den centrale fjernvarmeløsning er en stor del af anlægsomkostningerne lagt i en fællespulje, som bygningens ejer/lejer betaler af på via varmeregningen. Anlæg af ledningsnettet kan dog blive lagt ind under byggemodningsomkostninger. Målerafregning og administrations- og vedligeholdelsesomkostninger er ligeledes lagt ud i det fælles fjernvarmeselskab. Varmekunden får derved varmeudgifterne eksplicit oplyst gennem varmeregningen, hvorved varmetariffen kommer i fokus på en helt anden måde, end tilfældet er i de individuelle alternativer.
- Ved en semidecentral løsning kan omkostningerne optræde mere eller mindre eksplicit. Anlægsomkostningerne kan indgå i den almindelige bygningsomkostning. Tilsvarende kan målerafregning, administration og vedligeholdelse indgå som en post under udgifterne til en fælles ejendomsadministration. Ved analysen er disse omkostninger vurderet og indregnet.

8.2 Hovedscenariet

Nedenfor beskrives resultaterne af analysen, der er foretaget på den byudvikling, der benævnes: Hovedscenariet. Byudviklingen betragtes frem til 2032. Den nyudvikling, der kan forventes i 25-30 år herefter, er ikke indregnet.

8.2.1 Investeringer

Anlægsinvesteringer til hhv. elsiden (solceller til at dække elbehovet til apparater og elektriske installationer) og varmesiden i bygningerne er angivet i de to tabeller nedenfor. Værdierne er vist som nutidsværdier af investeringerne over 20 år ved 5 % diskonteringsrente. Scrapværdier er ikke indregnet.

I den første tabel antages solcellers anlægspris konstant i faste priser, mens anlægsprisen i den anden tabel antages at falde i realpriser over udbygningsperioden.

Nederst i tabellerne er angivet, hvad besparelsen ville blive anlægsmæssigt, hvis al solcelle-el i stedet blev lagt over til vindmølle-el. Besparelsen vil være mest markant, hvis solcellers anlægspris ikke falder.

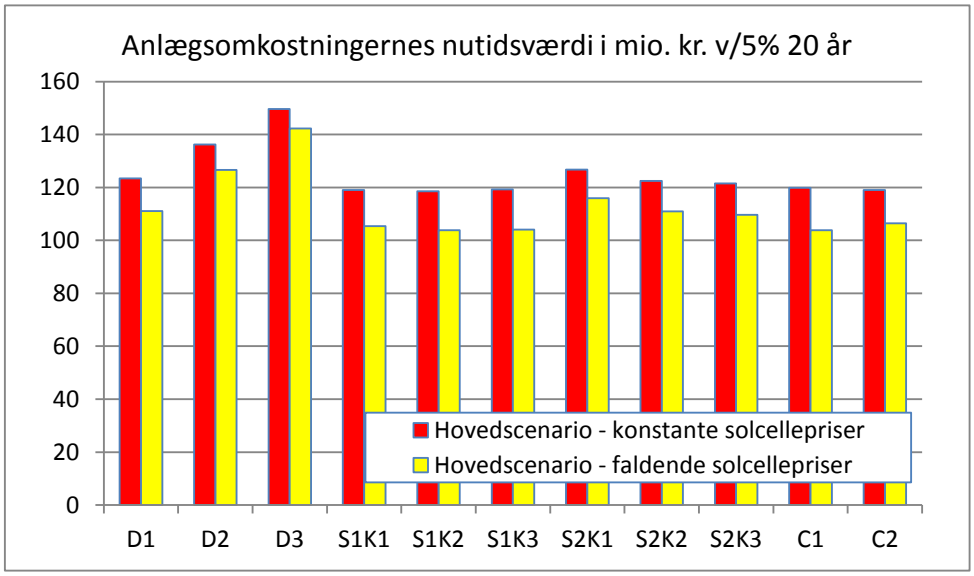
Anlægsomkostning	Hovedscenario - Konstante solcellepriser										
1000 kr. ekskl. moms	Decentral			Semidecentral						Central	
Nutidsværdi 5% 20 år	D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Samlede investeringer											
Varmepumpeanlæg	68.337	68.337	68.337	52.749	41.854	37.161	52.749	41.854	37.161	27.777	27.777
Solvarmeanlæg	0	20.099	40.369	0	0	0	15.891	12.950	11.683	0	9.150
Solcelleanlæg	171.020	164.193	158.293	168.986	167.564	166.952	160.949	158.682	157.705	165.727	155.752
Individ. større tank	8.945	8.945	8.945	5.507	3.104	2.070	5.507	3.104	2.070	0	0
Tagbesparelse	-31.670	-32.059	-32.993	-19.499	-10.992	-7.328	-19.738	-11.127	-7.418	0	0
Distributionsnet	0	0	0	11.778	22.512	27.973	11.778	22.512	27.973	38.309	38.309
Brugeranlæg	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629
Sum el- og varmsiden	236.260	249.143	262.578	239.150	243.671	246.457	246.765	247.604	248.803	251.442	250.616
Andel elsiden											
Solceller el	138.570	138.570	138.570	135.881	134.002	133.193	135.881	134.002	133.193	131.574	131.574
Tagbesparelse el	-25.661	-25.661	-25.661	-15.799	-8.906	-5.937	-15.799	-8.906	-5.937	0	0
Sum elsiden	112.909	112.909	112.909	120.082	125.096	127.255	120.082	125.096	127.255	131.574	131.574
Andel varmesiden											
Varmepumpeanlæg	68.337	68.337	68.337	52.749	41.854	37.161	52.749	41.854	37.161	27.777	27.777
Solvarmeanlæg	0	20.099	40.369	0	0	0	15.891	12.950	11.683	0	9.150
Solceller varme	32.450	25.623	19.723	33.105	33.562	33.760	25.068	24.680	24.513	34.154	24.178
Individ. større tank	8.945	8.945	8.945	5.507	3.104	2.070	5.507	3.104	2.070	0	0
Tagbesparelse varme	-6.009	-6.398	-7.332	-3.700	-2.086	-1.390	-3.939	-2.221	-1.480	0	0
Distributionsnet	0	0	0	11.778	22.512	27.973	11.778	22.512	27.973	38.309	38.309
Brugeranlæg	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629
Sum varmesiden	123.351	136.234	149.670	119.068	118.576	119.202	126.683	122.508	121.548	119.868	119.043
Vindenergi isf. solceller										61.412	58.650
Besparelse v/vindenergi										104.315	97.103

Tabel 8-4. Nutidsværdi af de samlede anlægsomkostninger frem til 2032 givet uændret solcelleanlægspris.

Anlægsomkostning 1000 kr. ekskl. moms Nutidsværdi 5% 20 år	Hovedscenario - Faldende solcellepriser										
	Decentral			Semidecentral						Central	
	D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Samlede investeringer											
Varmepumpeanlæg	68.337	68.337	68.337	52.749	41.854	37.161	52.749	41.854	37.161	27.777	27.777
Solvarmeanlæg	0	20.099	40.369	0	0	0	15.891	12.950	11.683	0	9.150
Solcelleanlæg	106.783	102.575	98.897	99.771	94.869	92.758	94.691	89.181	86.808	88.537	82.062
Individ. større tank	8.945	8.945	8.945	5.507	3.104	2.070	5.507	3.104	2.070	0	0
Tagbesparelse	-31.670	-32.059	-32.993	-19.499	-10.992	-7.328	-19.738	-11.127	-7.418	0	0
Distributionsnet	0	0	0	11.778	22.512	27.973	11.778	22.512	27.973	38.309	38.309
Brugeranlæg	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629
Sum el- og varmsiden	172.023	187.525	203.182	169.935	170.976	172.263	180.507	178.103	177.906	174.251	176.926
Andel elsiden											
Solceller el	86.618	86.618	86.618	80.396	76.048	74.175	80.396	76.048	74.175	70.430	70.430
Tagbesparelse el	-25.661	-25.661	-25.661	-15.799	-8.906	-5.937	-15.799	-8.906	-5.937	0	0
Sum elsiden	60.956	60.956	60.956	64.597	67.142	68.238	64.597	67.142	68.238	70.430	70.430
Andel varmesiden											
Varmepumpeanlæg	68.337	68.337	68.337	52.749	41.854	37.161	52.749	41.854	37.161	27.777	27.777
Solvarmeanlæg	0	20.099	40.369	0	0	0	15.891	12.950	11.683	0	9.150
Solceller varme	20.165	15.957	12.279	19.374	18.821	18.583	14.295	13.133	12.633	18.107	11.632
Individ. større tank	8.945	8.945	8.945	5.507	3.104	2.070	5.507	3.104	2.070	0	0
Tagbesparelse varme	-6.009	-6.398	-7.332	-3.700	-2.086	-1.390	-3.939	-2.221	-1.480	0	0
Distributionsnet	0	0	0	11.778	22.512	27.973	11.778	22.512	27.973	38.309	38.309
Brugeranlæg	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629	19.629
Sum varmesiden	111.066	126.568	142.226	105.338	103.835	104.026	115.910	110.961	109.668	103.822	106.496
Vindenergi isf. solceller										61.412	58.650
Besparelse v/vindenergi										27.124	23.412

Tabel 8-5. Nutidsværdi af de samlede anlægsomkostninger frem til 2032 givet faldende solcelleanlægspris.

Hvis der alene betragtes anlægsomkostningerne til varmesiden, kan der opstilles nedenstående figur til illustration. Det ses af figuren, at etablering af individuel solvarme vil indebære en markant stigning i anlægsomkostningerne. Det ses også, at de anlægsmæssige besparelser ved at etablere store produktionsanlæg (store fælles varmepumper, solfangeranlæg og akkumulatortank) opvejes generelt af større omkostninger for anlæg af et ledningsnet til varmedistribution. Der er taget højde for, at individuelle anlæg installeres i takt med, at bygningerne opføres, mens kollektive anlæg opføres i etaper, dvs. typisk med en produktionskapacitet, der kan gælde for de næste 5-8 år alt efter, hvor hurtigt byen vokser, og dette øger nutidsværdien. Omvendt vil fjernvarmeledningers lange forventede levetid mindske det centrale ledningsnets nutidsværdi i en samlet vurdering pga. en høj scrapværdi.



Figur 8-2. Nutidsværdi af varmesidens anlægsomkostninger i hovedscenariet

8.2.2 Samfundsøkonomi

Den samlede samfundsøkonomi er vist i de to tabeller nedenfor for hhv. 5 % og 3 % diskonterings-rente. Samfundsøkonomien er præsenteret som en balancevarmepris i kr./MWh over 20 år,

dvs. varmens omkostningspris for at omkostningerne kan dækkes økonomisk ind over 20 år (inkl. korrektion for scrapværdier). Der er vist konsekvenserne ved hhv. konstante og faldende anlægspriser for solcelleanlæg. Balancevarmeprisen er desuden opdelt i bidragene fra anlæg, drift & vedligehold og energi (el), hvor det bemærkes, at bidraget fra anlæg udgør hele 75-85 %. Det betyder, at anlægsomkostningerne og den tekniske levetid er altdominerende.

Det ses af tabellerne, at den decentrale løsning uden solfangere har en lav samfundsøkonomisk balancepris. Denne pris er imidlertid ikke væsentlig forskellig fra de centrale løsninger, hvilket peger på, at dele af byen kan være mest egnet for centrale løsninger, mens individuelle løsninger kan være mest egnet i spredte områder eller områder langt fra produktionscentralen. I beregningerne er der således et lille omkostningsmæssigt minimum ved de semidecentrale løsninger, men dette vil stærkt afhængige af hele den bygningsstruktur, der aktuelt vælges.

Solvarme vil ikke være samfundsøkonomisk attraktiv i de individuelle løsninger, mens solvarme i den centrale løsning stort set ikke vil påvirke samfundsøkonomien. Man kan tilføje, at solvarmeløsningen har den robusthed, at den er uden energiomkostninger og dermed er sikret mod prisstigninger (på el).

5% diskonteringsrente, 20 år Balancepris kr./MWh	Hovedscenario										
	Decentral			Semidecentral						Central	
	D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Konstante solcellepriser											
Anlæg	1.570	1.746	1.931	1.516	1.526	1.546	1.622	1.583	1.582	1.575	1.570
Drift og vedligehold	178	235	237	228	262	277	261	280	287	307	303
Energi	137	108	83	134	132	132	107	106	106	130	105
Sum	1.885	2.089	2.251	1.878	1.920	1.954	1.991	1.969	1.975	2.012	1.977
Faldende solcellepriser											
Anlæg	1.435	1.640	1.849	1.349	1.336	1.347	1.491	1.435	1.426	1.356	1.398
Drift og vedligehold	178	235	237	228	262	277	261	280	287	307	303
Energi	137	108	83	134	132	132	107	106	106	130	105
Sum	1.750	1.983	2.170	1.711	1.731	1.755	1.859	1.820	1.819	1.793	1.806

Tabel 8-6. Samfundsøkonomisk sammenligning af energiscenarier ved 5 % diskonteringsrente

3% diskonteringsrente, 20 år Balancepris kr./MWh	Hovedscenario										
	Decentral			Semidecentral						Central	
	D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Konstante solcellepriser											
Anlæg	1.324	1.477	1.637	1.249	1.240	1.251	1.343	1.293	1.286	1.262	1.262
Drift og vedligehold	179	236	238	229	263	278	263	281	289	308	305
Energi	137	109	84	135	133	132	107	107	106	131	105
Sum	1.641	1.822	1.959	1.613	1.636	1.661	1.713	1.680	1.681	1.701	1.672
Faldende solcellepriser											
Anlæg	1.213	1.389	1.569	1.113	1.086	1.089	1.236	1.172	1.159	1.085	1.123
Drift og vedligehold	179	236	238	229	263	278	263	281	289	308	305
Energi	137	109	84	135	133	132	107	107	106	131	105
Sum	1.529	1.734	1.891	1.476	1.482	1.499	1.606	1.559	1.554	1.524	1.533

Tabel 8-7. Samfundsøkonomisk sammenligning af energiscenarier ved 3 % diskonteringsrente

8.2.3 Brugerøkonomi

Brugerøkonomi er vist i tabellerne nedenfor for hhv. konstante og faldende solcelleanlægspriser.

Det ses, at den decentrale løsning uden solfangere vil have de laveste brugerøkonomiske omkostninger. De centrale løsninger har imidlertid ikke markant væsentligt større omkostninger. Det gælder ligeledes bygningsklynger med semidecentrale løsninger, og i forhold til egentlig fjernvarme er der besparelser ved mindre distributionsnet og heraf mindre varmetab.

En sammenligning af de decentrale løsninger med den centrale fjernvarmeløsning kan dog ikke foretages uden det forbehold, at fællesomkostninger i den centrale løsning betales gennem et fælles varmeforsyningsselskab, hvor vælges en bestemt tarifstruktur, mens der for de individuelle løsninger kun er tale om bygningsejerens individuelle omkostninger.

Bygningstype kr./år inkl. moms Forrening: 5%	Sum varme MWh/år	Hovedscenario - Konstante solcellepriser										
		Decentral			Semidecentral						Central	
		D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Beboelse												
Tæt/lav	4,5	9.085	10.063	10.838	9.148	9.420	9.613	9.663	9.612	9.666	9.947	9.720
Etagebolig	3,6	7.268	8.051	8.670	7.318	7.536	7.691	7.731	7.689	7.733	7.957	7.776
Andet												
Kontor/erhverv	40	80.756	89.452	96.336	81.315	83.731	85.451	85.896	85.436	85.917	88.415	86.404
Produktionsareal	80	161.512	178.904	192.672	162.630	167.462	170.902	171.792	170.872	171.834	176.831	172.809
Skole	70	141.323	156.541	168.588	142.301	146.530	149.539	150.318	149.513	150.355	154.727	151.207
Institution	30	60.567	67.089	72.252	60.986	62.798	64.088	64.422	64.077	64.438	66.312	64.803

Tabel 8-8. Brugerøkonomisk sammenligning af energiscenarier – konstante solcellepriser.

Bygningstype kr./år inkl. moms Forrening: 5%	Sum varme MWh/år	Hovedscenario - faldende solcellepriser										
		Decentral			Semidecentral						Central	
		D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Beboelse												
Tæt/lav	4,5	8.438	9.553	10.445	8.345	8.508	8.655	9.033	8.897	8.915	8.895	8.898
Etagebolig	3,6	6.750	7.643	8.356	6.676	6.807	6.924	7.226	7.118	7.132	7.116	7.118
Andet												
Kontor/erhverv	40	75.005	84.917	92.843	74.179	75.628	76.931	80.293	79.087	79.247	79.063	79.091
Produktionsareal	80	150.010	169.834	185.685	148.359	151.257	153.863	160.587	158.175	158.494	158.125	158.183
Skole	70	131.258	148.605	162.474	129.814	132.350	134.630	140.513	138.403	138.682	138.360	138.410
Institution	30	56.254	63.688	69.632	55.635	56.721	57.698	60.220	59.316	59.435	59.297	59.319

Tabel 8-9. Brugerøkonomisk sammenligning af energiscenarier – faldende solcellepriser.

8.3 Alternativscenariet

Nedenfor beskrives resultaterne af analysen, der er foretaget på den byudvikling, der benævnes: Alternativscenariet. Som i hovedscenariet betragtes byudviklingen frem til 2032. Den nyudvikling, der kan forventes i 25-30 år herefter, er ikke indregnet.

8.3.1 Investeringer

Anlægsinvesteringer til hhv. elsiden (solceller til at dække elbehovet til apparater og elektriske installationer) og varmesiden i bygningerne er angivet i de to tabeller nedenfor. Værdierne er vist som nutidsværdier af investeringerne over 20 år ved 5 % diskonteringsrente. Scrapværdier er ikke indregnet.

I den første tabel antages solcellers anlægspris konstant i faste priser, mens anlægsprisen i den anden tabel antages at falde i realpriser over udbygningsperioden.

Nederst i tabellerne er angivet, hvad besparelsen ville blive anlægsmæssigt, hvis al solcelle-el i stedet blev lagt over til vindmølle-el. Besparelsen vil være mest markant, hvis solcellers anlægspris ikke falder.

Alternativscenariets omkostninger ligger generelt lidt lavere end i hovedscenariet. Men indbyrdes er der det samme mønster mellem varianterne som i hovedscenariet.

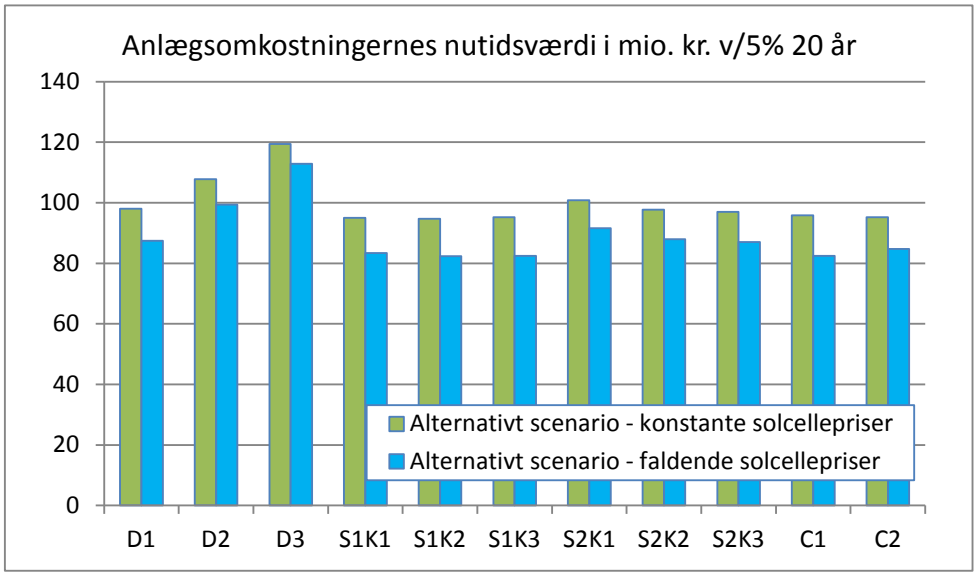
Anlægsomkostning 1000 kr. ekskl. moms Nutidsværdi 5% 20 år	Alternativt scenario - Konstante solcellepriser										
	Decentral			Semidecentral						Central	
	D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Samlede investeringer											
Varmepumpeanlæg	53.309	53.309	53.309	41.895	33.917	30.482	41.895	33.917	30.482	23.610	23.610
Solvarmeanlæg	0	15.641	33.328	0	0	0	12.632	10.529	9.623	0	7.811
Solcelleanlæg	154.443	148.875	143.594	152.033	150.349	149.624	145.372	142.924	141.869	148.173	139.760
Individ. større tank	6.415	6.415	6.415	3.949	2.226	1.484	3.949	2.226	1.484	0	0
Tagbesparelse	-28.601	-28.903	-29.694	-17.609	-9.926	-6.618	-17.796	-10.031	-6.688	0	0
Distributionsnet	0	0	0	8.637	16.509	20.514	8.637	16.509	20.514	28.094	28.094
Brugeranlæg	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306
Sum el- og varmsiden	200.872	210.642	222.257	204.212	208.381	210.792	209.997	211.380	212.590	215.182	214.581
Andel elsiden											
Solceller el	126.263	126.263	126.263	123.625	121.781	120.987	123.625	121.781	120.987	119.399	119.399
Tag el	-23.382	-23.382	-23.382	-14.396	-8.115	-5.410	-14.396	-8.115	-5.410	0	0
Sum elsiden	102.881	102.881	102.881	109.229	113.666	115.577	109.229	113.666	115.577	119.399	119.399
Andel varmesiden											
Varmepumpeanlæg	53.309	53.309	53.309	41.895	33.917	30.482	41.895	33.917	30.482	23.610	23.610
Solvarmeanlæg	0	15.641	33.328	0	0	0	12.632	10.529	9.623	0	7.811
Solceller varme	28.180	22.612	17.330	28.408	28.568	28.636	21.747	21.143	20.882	28.774	20.361
Individ. større tank	6.415	6.415	6.415	3.949	2.226	1.484	3.949	2.226	1.484	0	0
Tagbesparelse varme	-5.218	-5.521	-6.312	-3.213	-1.811	-1.207	-3.399	-1.916	-1.278	0	0
Distributionsnet	0	0	0	8.637	16.509	20.514	8.637	16.509	20.514	28.094	28.094
Brugeranlæg	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306
Sum varmesiden	97.990	107.761	119.376	94.983	94.715	95.214	100.768	97.714	97.013	95.783	95.182
Vindenergi isf. solceller										54.904	52.574
Besparelse v/vindenergi										93.269	87.186

Tabel 8-10. Nutidsværdi af de samlede anlægsomkostninger frem til 2032 givet uændret solcelleanlægspris.

Anlægsomkostning 1000 kr. ekskl. moms Nutidsværdi 5% 20 år	Alternativt scenario - Faldende solcellepriser										
	Decentral			Semidecentral						Central	
	D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Samlede investeringer											
Varmepumpeanlæg	53.309	53.309	53.309	41.895	33.917	30.482	41.895	33.917	30.482	23.610	23.610
Solvarmeanlæg	0	15.641	33.328	0	0	0	12.632	10.529	9.623	0	7.811
Solcelleanlæg	96.971	93.514	90.202	90.367	85.750	83.762	86.128	80.966	78.742	79.786	74.296
Individ. større tank	6.415	6.415	6.415	3.949	2.226	1.484	3.949	2.226	1.484	0	0
Tagbesparelse	-28.601	-28.903	-29.694	-17.609	-9.926	-6.618	-17.796	-10.031	-6.688	0	0
Distributionsnet	0	0	0	8.637	16.509	20.514	8.637	16.509	20.514	28.094	28.094
Brugeranlæg	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306
Sum el- og varmsiden	143.400	155.281	168.865	142.546	143.783	144.930	150.753	149.422	149.463	146.795	149.116
Andel elsiden											
Solceller el	79.346	79.346	79.346	73.601	69.585	67.856	73.601	69.585	67.856	64.397	64.397
Tagbesparelse el	-23.382	-23.382	-23.382	-14.396	-8.115	-5.410	-14.396	-8.115	-5.410	0	0
Sum elsiden	55.964	55.964	55.964	59.205	61.470	62.446	59.205	61.470	62.446	64.397	64.397
Andel varmesiden											
Varmepumpeanlæg	53.309	53.309	53.309	41.895	33.917	30.482	41.895	33.917	30.482	23.610	23.610
Solvarmeanlæg	0	15.641	33.328	0	0	0	12.632	10.529	9.623	0	7.811
Solceller varme	17.625	14.168	10.855	16.766	16.165	15.906	12.527	11.380	10.887	15.389	9.899
Individ. større tank	6.415	6.415	6.415	3.949	2.226	1.484	3.949	2.226	1.484	0	0
Tagbesparelse varme	-5.218	-5.521	-6.312	-3.213	-1.811	-1.207	-3.399	-1.916	-1.278	0	0
Distributionsnet	0	0	0	8.637	16.509	20.514	8.637	16.509	20.514	28.094	28.094
Brugeranlæg	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306	15.306
Sum varmesiden	87.436	99.317	112.901	83.340	82.312	82.484	91.548	87.952	87.017	82.398	84.720
Vindenergi isf. solceller										54.904	52.574
Besparelse v/vindenergi										24.882	21.721

Tabel 8-11. Nutidsværdi af de samlede anlægsomkostninger frem til 2032 givet faldende solcelleanlægspris.

Hvis der alene betragtes anlægsomkostningerne til varmesiden, kan der opstilles nedenstående figur til illustration. Det ses af figuren, at etablering af individuel solvarme vil indebære en markant stigning i anlægsomkostningerne. Det ses også, at de anlægsmæssige besparelser ved at etablere store produktionsanlæg (store fælles varmepumper, solfangeranlæg og akkumulatortank) opvejes generelt af større omkostninger for anlæg af et ledningsnet til varmedistribution. Der er taget højde for, at individuelle anlæg installeres i takt med, at bygningerne opføres, mens kollektive anlæg opføres i etaper, dvs. typisk med en produktionskapacitet, der kan gælde for de næste 5-8 år alt efter, hvor hurtigt byen vokser, og dette øger nutidsværdien. Omvendt vil fjernvarmeledningers lange forventede levetid mindske det centrale ledningsnets nutidsværdi i en samlet vurdering pga. en høj scrapværdi.



Figur 8-3. Nutidsværdi af varmesidens anlægsomkostninger i alternativscenariet

8.3.2 Samfundsøkonomi

Den samlede samfundsøkonomi er vist i de to tabeller nedenfor for hhv. 5 % og 3 % diskonterings-rente. Samfundsøkonomien er præsenteret som en balancevarmepris i kr./MWh over 20 år,

dvs. varmens omkostningspris for at omkostningerne kan dækkes økonomisk ind over 20 år (inkl. korrektion for scrapværdier). Der er vist konsekvenserne ved hhv. konstante og faldende anlægspriser for solcelleanlæg. Balancevarmeprisen er desuden opdelt i bidragene fra anlæg, drift & vedligehold og energi (el), hvor det bemærkes, at bidraget fra anlæg udgør hele 75-85 %. Det betyder, at anlægsomkostningerne og den tekniske levetid er altdominerende.

Det ses af tabellerne, at den decentrale løsning uden solfangere har en lav samfundsøkonomisk balancepris. Denne pris er imidlertid ikke væsentlig forskellig fra de centrale løsninger, hvilket peger på, at dele af byen kan være mest egnet for centrale løsninger, mens individuelle løsninger kan være mest egnet i spredte områder eller områder langt fra produktionscentralen. I beregningerne er der således et lille omkostningsmæssigt minimum ved de semidecentrale løsninger, men dette vil stærkt afhængige af hele den bygningsstruktur, der aktuelt vælges.

Solvarme vil ikke være samfundsøkonomisk attraktiv i de individuelle løsninger, mens solvarme i den centrale løsning stort set ikke vil påvirke samfundsøkonomien. Man kan tilføje, at solvarmeløsningen har den robusthed, at den er uden energiomkostninger og dermed er sikret mod prisstigninger (på el).

5% diskonteringsrente, 20 år Balancepris kr./MWh	Alternativt scenario										
	Decentral			Semidecentral						Central	
	D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Konstante solcellepriser											
Anlæg	1.436	1.590	1.775	1.398	1.411	1.429	1.492	1.462	1.463	1.457	1.454
Drift og vedligehold	158	208	209	201	230	243	230	245	252	269	265
Energi	137	110	84	133	130	129	107	105	104	126	102
Sum	1.731	1.908	2.068	1.731	1.771	1.801	1.828	1.812	1.818	1.852	1.821
Faldende solcellepriser											
Anlæg	1.303	1.483	1.693	1.236	1.229	1.239	1.364	1.319	1.313	1.249	1.292
Drift og vedligehold	158	208	209	201	230	243	230	245	252	269	265
Energi	137	110	84	133	130	129	107	105	104	126	102
Sum	1.598	1.801	1.986	1.569	1.589	1.610	1.700	1.669	1.669	1.644	1.659

Tabel 8-12. Samfundsøkonomisk sammenligning af energiscenarier ved 5 % diskonteringsrente

3% diskonteringsrente, 20 år Balancepris kr./MWh	Alternativt scenario										
	Decentral			Semidecentral						Central	
	D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Konstante solcellepriser											
Anlæg	1.212	1.345	1.505	1.153	1.148	1.158	1.236	1.195	1.190	1.169	1.171
Drift og vedligehold	159	209	210	201	231	244	231	246	253	270	266
Energi	137	110	85	133	131	129	107	105	104	127	102
Sum	1.508	1.664	1.799	1.488	1.510	1.531	1.574	1.547	1.547	1.566	1.540
Faldende solcellepriser											
Anlæg	1.101	1.257	1.437	1.020	1.000	1.003	1.131	1.079	1.069	1.001	1.040
Drift og vedligehold	159	209	210	201	231	244	231	246	253	270	266
Energi	137	110	85	133	131	129	107	105	104	127	102
Sum	1.398	1.576	1.732	1.355	1.362	1.376	1.469	1.430	1.426	1.398	1.408

Tabel 8-13. Samfundsøkonomisk sammenligning af energiscenarier ved 3 % diskonteringsrente

8.3.3 Brugerøkonomi

Brugerøkonomi er vist i tabellerne nedenfor for hhv. konstante og faldende solcelleanlægspriser.

Det ses, at den decentrale løsning uden solfangere vil have de laveste brugerøkonomiske omkostninger. De centrale løsninger har imidlertid ikke markant væsentligt større omkostninger. Det gælder ligeledes bygningsklynger med semidecentrale løsninger, og i forhold til egentlig fjernvarme er der besparelser ved mindre distributionsnet og heraf mindre varmetab.

En sammenligning af de decentrale løsninger med den centrale fjernvarmeløsning kan dog ikke foretages uden det forbehold, at fællesomkostninger i den centrale løsning betales gennem et

fælles varmeforsyningsselskab, hvor vælges en bestemt tarifstruktur, mens der for de individuelle løsninger kun er tale om bygningsejerens individuelle omkostninger.

Alternativscenariets brugeromkostninger ligger generelt lidt lavere end i hovedscenariet. Men indbyrdes er der det samme mønster mellem varianterne som i hovedscenariet.

Bygningstype kr./år inkl. moms Forrening: 5%	Sum varme MWh/år	Alternativt scenario - Konstante solcellepriser										
		Decentral			Semidecentral						Central	
		D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Beboelse												
Tæt/lav	4,5	8.343	9.188	9.955	8.438	8.694	8.867	8.879	8.852	8.903	9.170	8.963
Etagebolig	3,6	6.674	7.350	7.964	6.751	6.955	7.094	7.103	7.081	7.123	7.336	7.170
Andet												
Kontor/erhverv	40	74.160	81.668	88.491	75.007	77.280	78.822	78.921	78.681	79.141	81.512	79.667
Produktionsareal	80	148.320	163.336	176.981	150.014	154.560	157.644	157.841	157.362	158.282	163.024	159.334
Skole	70	129.780	142.919	154.859	131.262	135.240	137.938	138.111	137.692	138.497	142.646	139.418
Institution	30	55.620	61.251	66.368	56.255	57.960	59.116	59.191	59.011	59.356	61.134	59.750

Tabel 8-14. Brugerøkonomisk sammenligning af energiscenarier.

Bygningstype kr./år inkl. moms Forrening: 5%	Sum varme MWh/år	Alternativt scenario - faldende solcellepriser										
		Decentral			Semidecentral						Central	
		D1	D2	D3	S1K1	S1K2	S1K3	S2K1	S2K2	S2K3	C1	C2
Beboelse												
Tæt/lav	4,5	7.702	8.675	9.562	7.660	7.819	7.951	8.263	8.163	8.184	8.171	8.181
Etagebolig	3,6	6.162	6.940	7.650	6.128	6.255	6.361	6.610	6.531	6.547	6.536	6.545
Andet												
Kontor/erhverv	40	68.465	77.110	84.996	68.086	69.502	70.675	73.445	72.564	72.748	72.627	72.722
Produktionsareal	80	136.930	154.219	169.991	136.173	139.004	141.350	146.890	145.129	145.496	145.254	145.444
Skole	70	119.814	134.942	148.742	119.151	121.629	123.681	128.529	126.988	127.309	127.097	127.264
Institution	30	51.349	57.832	63.747	51.065	52.127	53.006	55.084	54.423	54.561	54.470	54.542

Tabel 8-15. Brugerøkonomisk sammenligning af energiscenarier.

8.4 Sammenfatning

De samfundsøkonomiske og bruger/selskabsøkonomiske analyser baseret på projektets forudsætninger og antagelser viser bl.a.:

Decentral løsning

- at den decentrale løsning med varmepumper og solceller men uden solfangere vil have de laveste **samfunds- og brugerøkonomiske** omkostninger.
- at de centrale eller semidecentrale løsninger ud fra en **samfunds- og brugerøkonomisk** betragtning vil være ligeså økonomisk attraktive. Dette vil afhænge af, hvordan den konkrete byudvikling forventes at foregå.
- at supplement med individuelle solfangere med de forudsatte elpriser ikke vil være **bruger eller samfunds**økonomisk attraktivt i forhold til de decentrale løsninger.

Central eller semi-decentral løsning

- at de centrale løsninger ikke har markant væsentligt større **samfunds- og brugerøkonomiske** omkostninger end de bedste decentrale løsninger. Beregningerne peger dog på, at store klynger med semidecentrale løsninger kan give de laveste omkostninger i visse områder. Det, der specielt kan belaste den centrale løsning økonomisk, er udlægning af lange fjernvarmehovedledninger til delområder, hvor der sker en langsom byudvikling.
- at solvarme i den centrale fjernvarmeløsning stort set er **samfunds- og brugerøkonomisk** neutral. Hvis der antages stigende elpriser og solvarme fritages fra den varslede forsyningssikkerhedsafgift, vil solvarme blive attraktivt at tilføje til den centrale fjernvarmeløsning.

Samlet vurdering af systemløsninger i forhold til byudvikling og energipriser

- at der kan peges på en fordel ved den decentrale løsning, hvis byudviklingen foregår mere spredt, mens de semidecentrale løsninger har fordele, hvis byen udvikles i klynger eller ø-områder. Det kan tilføjes, at semidecentrale løsninger kan forberedes for en senere sammenkobling til et fælles centralt fjernvarmesystem.
- at den forventede elpris køb/salg vil være afgørende for valg af energisystem til Vinge og at alle 3 løsninger med marginale ændringer er meget tæt på hinanden
- at såfremt alle resultaterne af denne konceptanalyse afrundes, kan det siges, at da der ikke er signifikant forskel på økonomien, vil en række andre fordele og ulemper ved de forskellige løsninger have større betydning for beslutningen om valg af energiforsyningen.

Der er gennemført en række følsomhedsanalyser på ovenstående alternativer herunder bl.a. på kalkulationsrenten, anlægspriser på solcelleanlæg, el-prisudvikling, el-udveksling mellem nettet mv. Disse følsomhedsanalyser giver dog ikke en forskel i ovenstående vurderinger.

9. KOMMERCIEL VURDERING AF ENERGISCENARIER

9.1 Baggrund

I forbindelse med Rambølls analyser af energiløsningerne i den nye planlagte bydel i Vinge ved Frederikssund har Rambøll Management fået til opgave at undersøge de kommercielle potentialer ved de pågældende løsninger.

Ved kommercielle potentialer forstås løsninger, hvor der er

- Et internationalt marked i vækst, som teknologien kan eksporteres til
- Investorer til udvikling af teknologien
- Danske virksomheder, der kan levere løsningen

Formålet er at skitsere de vigtigste potentialer, samt barrierer og løsninger for disses realisering– herunder hvad et projekt som Vinge kan gøre. Et element i analysen er desuden at undersøge, hvad der skal til for at danske løsninger løfter sig ud over idé- og udviklingsstadiet og manifesterer sig i en konkret produktion.

Analysen er kvalitativ og bygger på 10 interviews med aktører i energibranchen: producenter, brancheorganisationer, udviklere og forskere inden for hhv. energiproduktion/-forsyning, distribution og bygning. De fleste interviews er foretaget pr. telefon, mens enkelte er foregået pr. mail. Interviewene er suppleret med generel viden på området.

Analysen er opbygget i følgende afsnit:

9.2. Generelle betragtninger om energiløsninger i Vinge
9.3. Danske styrkepositioner med eksportpotentiale
9.4. Realisering af eksportpotentialet, herunder barrierer for dette
9.5. Fravær af danske styrkepositioner
9.6. Investorbetragtninger
9.7. Markedsføringsværdi i Vinge
9.8. Sammenfatning med anbefalinger af hvordan Vinge kan bidrage til realisering af det kommercielle potentiale.

9.2 Generelle betragtninger om energiløsninger i Vinge

Interviewpersonerne er indledningsvist blevet bedt om at forholde sig til de overordnede aspekter ved hhv. centrale og decentrale energiløsninger i Vinge. Dette har givet anledning til nedenstående generelle refleksioner.

9.2.1 Løsninger baseret på samfundsøkonomiske beregninger

Det er vigtigt, at de løsninger, man vælger i Vinge, er samfundsøkonomisk optimale. Det vil sige, at de er udvalgt baseret på beregninger, som inddrager de samfundsøkonomiske omkostninger og gevinster ved de pågældende løsninger. Dette indebærer dels, at beregningerne indeholder både omkostninger, der er markedsbaserede (f.eks. køb af materialer) og ikke-markedsbaserede (f.eks. udledninger af andet end CO_2, etc.); dels at beregningerne er opgjort på baggrund af priser, der er renset for afgifter, subsidier etc. Det skal bemærkes, at dette er den primære tilgang, der planlægges anvendt i projektet. Der laves dog en supplerende følsomhedsberegning der inkluderer afgifter og subsidier med henblik på at belyse betydningen af disse.

De løsninger, der etableres, vil virke i mange år, og bør således ikke være baseret på øjeblikkelige, kortsigtede subsidiestrukturer, som eventuelt favoriserer en løsning frem for en anden. Et eksempel herpå er den støtte til solceller, der har fungeret indtil nu, og som har medvirket til at forvride markedet i forhold til andre løsninger (som nogle gange blot er subsidierede i mindre grad).

9.2.2 Energisystemet i Vinge skal indgå intelligent i det omkringliggende, fluktuerende energisystem

De energiløsninger, der etableres i Vinge, bør tage højde for og indgå i det omkringliggende energisystem på en intelligent måde. Vinge er ikke en ø, men et system, der interagerer med

energiforsyningen udefra i forhold til produktion og forbrug. Dette vil være gældende uanset, at der etableres decentral energiforsyning (dvs. på matrikelniveau) som en del af løsningen i Vinge. I den forbindelse skal det nævnes, at der i Vinge allerede er tænkt i samarbejdsbaner med de omkringliggende energiaktører, f.eks. E.ON og Vestforbrænding jf. også kapitel 10 om strategisk energiplanlægning.

9.2.3 Lavenergibygninger øger betydningen af energitab i fremføringen

Centrale løsninger har en række fordele i kraft af blandt andet fleksibilitet og stordrift, som overordnet peger i denne retning. Denne løsning er dog forbundet med et vist energitab i fremføringen f.eks. varmetab i rørene. I takt med at der bygges huse med lavere og lavere energiforbrug, vil den relative betydning af dette energitab stige, hvilket peger i retning af energiløsninger, som i større omfang er lagt an på produktion samme sted som energien forbruges. For så vidt angår el, vil der dog som en generel betragtning fortsat være behov for opkoblinger til det omkringliggende system med henblik på at aftage overskudsproduktion og på at forsyne, når den decentrale produktion er lav.

9.3 Danske styrkepositioner med eksportpotentiale

Danske virksomheder er på en række område med i første række, når det gælder udvikling og produktion af energiløsninger. Disse løsninger vedrører både centrale og decentrale dele af energisystemerne. Nogle af de pågældende løsninger er modne i den forstand, at danske virksomheder allerede i en årrække har produceret denne teknologi, og afsat den på markeder i Danmark og/eller i udlandet. Andre teknologier er endnu i sin vorden, men vurderes at være så perspektivrige, at danske virksomheder vil kunne eksportere disse med tiden.

9.3.1 Centrale løsninger

Fjernvarme

Dansk fjernvarmeproduktion har gennem lang tid vist sig som en energiløsning, der kan eksporteres som system. Den danske fjernvarmeproduktion udmærker sig blandt andet ved at kombinere en lang række energikilder (gas, olie, affald, flis etc.), og kan således levere en energiproduktion, der er intelligent afpasset efter markedsprisen på de pågældende kilder. Energi- og klimaambitioner i mange lande der går på at skifte fra fossile brændsler til mere vedvarende energi (f.eks. biomasse) gøres lettere ved at have et fjernvarmesystem i en by eller kommune pga. denne fleksibilitet.

Den nye gren på træet er lavtemperaturfjernvarme, hvor danske fjernvarmeselskaber i kraft af den etablerede know how på området forventes at kunne realisere et eksportpotentiale. Lavtemperaturfjernvarme muliggøre både lavere omkostninger for distributionsnettet og et lavere varmetab til omgivelserne, hvilket gør denne forsyningsform specielt velegnet til lavenergibyggeri i byer og kommuner. På den baggrund forventes en god udvikling inden for dette område i de kommende år.

Solvarme

Her vurderes danske virksomheder at være førende på de store anlæg, både på udvikling af teknologi og på integrering i fjernvarmeanlæg. Solvarme vurderes at være konkurrencedygtig uden tilskud, og mange af Europas største solvarmeanlæg findes i Danmark og er udviklet med dansk teknologi. Internationalt har dette også opmærksomhed (blandt andet Østrig). Generelt ligger potentialet især på systemeksport, i særdeleshed som en integreret del af eksport af fjernvarmesystemer. Hvis ikke der tænkes i hele systemer, vil eksport af solfangere blive reduceret til et spørgsmål om pris.

Dataudvekslingssystemer og energistyring i smart energy grids[8]

Flere energiselskaber har udviklet dataoverførselssystemer for energiproduktion og -forbrug. Behovet for disse opstår i forbindelse med at produktion fra mange fluktuerende energikilder skal meldes ind i markedet og tilpasses forbruget. Der vurderes at være eksportpotentiale i sådanne systemer, idet der her er tale om eksport af udviklingsløsninger, som skal tilpasses en konkret kontekst og derfor ikke i (masse)produktion som sådan.

[8] Læs mere detaljeret om smart energy grids i kapitel 0.

9.3.2 Decentrale løsninger

Helhedstænkning hvor energibesparelse, teknologi, komfort og æstetik tænkes sammen i byggeløsninger
Mange udenlandske byggeløsninger begrænser sig til at være energibesparende, men indtænker ikke komfort (lys, luft, temperatur). Flere danske virksomheder udmærker sig ved at tænke holistisk omkring byggeri, og ved at udvikle byggekomponenter (vinduer, ventilation etc), der tillader samspil mellem indeklima og energi. Resultatet er en række byggeprincipper, som ikke er begrænset til enkelte producenter, men som mange kan tage del i. Teknikken kan anvendes i fremtidigt typehusbyggeri i Danmark og udlandet.

Tværfagligt samarbejde om udvikling af helhedsløsninger, hvor samarbejdet fungerer helt til det færdige byggeri
Det er ofte tilfældet, at byggeri i konceptfasen inddrager nye løsninger fra en række faggrupper og interessenter (arkitekter, ingeniører, bygherrer og rådgivere), men i forbindelse med et udbud overdrager hele entreprisen til én hovedentreprenør, som af prismæssige årsager udelader dele af den samlede løsning. I Danmark er udviklet eksempler, hvor det tværfaglige samarbejde er fulgt helt til dørs med innovativt byggeri til følge. Danmark har tradition for tværfagligt samarbejde i de forskellige faser og vil – under de rette betingelser jf. afsnit 9.4.3 - kunne eksportere disse systemer, som sikrer nytænkt samspil mellem de enkelte bygningsdele.

Varmepumper
Energibehovet i lavenergibyggeri vil for en stor del kunne dækkes af en varmepumpe med relativ lav varmeeffekt (op til 6 kW), inkl. energilager, og en strømkilde (el-patron). Sådanne pumper både udvikles og produceres allerede i Danmark, som har en god position på dele af det internationale marked (blandt andet Tyskland). Med de fremtidige perspektiver og øgede krav til lavenergibyggeri vurderes efterspørgslen efter især (små) varmepumper til lavenergibyggeri at stige fremover. Imidlertid sælges på nuværende tidspunkt ganske få pumper af denne superlavenergitype i Danmark, da danske boliger generelt sjældent lever op til de forudsætninger (isolering, lavenergi), der vil skulle være til stede for at en lavenergipumpe er optimal.

Mikrokraftvarmeanlæg
En række danske virksomheder er førende i udviklingen af mikrokraftvarmeanlæg, som vurderes at have eksportpotentiale med tiden. Udviklingen er endnu i testfasen og overgangen til markedsintroduktion ligger fortsat ude i fremtiden på det lange sigt.

9.4 Realisering af eksportpotentialet

Det er kendetegnende for mange dansk udviklede energiløsninger, at man frem til og med prototypefasen er blandt de førende i verden. Når den nye teknologi skal omsættes i produktion, omsætning, eksport og arbejdspladser, formår ikke alle virksomheder eller udviklere at tage det fulde skridt ud over rampen, og de potentielle gevinster ved den udviklede teknologi bliver dermed ikke realiseret.

Ofte drejer det sig om at markedsføre en funktion (et system eller koncept) i modsætning til en komponent. For de energiløsninger, der allerede eksporteres, er det for eksempel ikke et spørgsmål om at sælge et vindue, men derimod at sælge lysindfald og komforttemperatur. Tilsvarende sælges ikke en fjernvarmeinstallation, men derimod en mulighed for at skifte mellem energikilder i produktionen af el og varme, således at økonomi og miljøbelastning er optimalt tilpasset.

Ingen af de interviewede personer har følt sig i stand til at give bud på omfanget af den potentielle omsætning, eksport eller danske arbejdspladser ved de forskellige energiløsninger, der endnu ikke er fuldt etablerede på eksportmarkederne. Derimod har mange peget på barrierer for denne eksport og tilsvarende på tiltag, der skal afhjælpe disse barrierer som listet nedenfor i afsnittene 9.4.1 til 9.4.8.

9.4.1 Byggestandarder

I Danmark er mange boliger bygget med en energikvalitet, der ligger under eller kun lige lever op til den aktuelle standard. Derved er implementering af de nyeste energiløsninger (f.eks. decentrale energiforsyninger) ikke rentabel, og de pågældende virksomheder går glip af det hjemmemarked, der kan være springbræt for senere eksport.

Myndighedskrav om kvalitet og efterlevelse af standarder, der går ud over de internationale krav der aktuelt stilles, medvirker til at danske faggrupper og producenter dygtiggør sig i standarder, der vil være internationalt gældende på et senere tidspunkt, og dermed opnår en konkurrencefordel over for andre (nationale og internationale) uden disse kompetencer. Når disse standarder omfatter lavenergibyggeri, vil decentrale forsyningsløsninger tillige blive mere rentable, og de danske virksomheder, der udvikler og producerer disse, vil derved have nær adgang til et (nyt) marked.

9.4.2 Afgifts-, tilskuds- og prisstruktur

De gældende energiafgifter er på sin side medvirkende til, at der i Danmark forskes og udvikles relativt meget i vedvarende energi. Samtidig er det endda tvivlsomt, om det nuværende afgiftsniveau reelt afspejler de samfundsøkonomiske omkostninger, der er ved brug af f.eks. fossile brændstoffer. Subsidier og andre tilskud medvirker på den anden side til, at en energikilde kan favoriseres frem for andre, hvorved de sidstnævnte har vanskeligere markedsvilkår. Dette vil også spille ind på styrken til at gå ud på eksportmarkeder.

9.4.3 Udbud

Udbudsudformninger har ofte bevirket, at de helhedsløsninger og tværfaglige innovationer, der måtte være udtænkt i konceptfasen fra bygherre og udbudsgivers side, ikke nødvendigvis realiseres i sidste ende, hvis den tilbudsgivende entreprenør kan justere på disse og dermed bringe prisen ned. Dette skyldes, at det kan være uklart, hvad en tilbudsgiver (entreprenør) reelt binder sig til for så vidt angår tekniske løsninger, og hvad denne entreprenør blot har markeret en hensigt om at udføre, og derfor kan nedjustere i byggeprocessen. Samtidig gør udbudsreglerne, at det kan være vanskeligt midt i processen at aftale en ændret pris og kvalitet, uden at udbuddet skal gå om. Konsekvensen er, at innovative kombinationer af forskellige tværfaglige løsninger ofte ikke bringes ud i større produktion.

En løsning her vil primært ligge i en meget samvittighedsfuld formulering af udbud, dels i en overvejelse over hvordan udbudsreglerne varierer i forhold til offentlige/private bygherrer/interessenter.

9.4.4 Produktionsomkostninger

De danske produktionsomkostninger i form af lønninger og afgifter er relativt høje i forhold til udlandet – også det nære udland. Dette bevirker, at hvor meget produkt- og teknologiudvikling fortsat finder sted i Danmark, er meget faktisk produktion udlagt til udlandet. Der er ikke nødvendigvis tale om fjerne områder med markant lavere lønninger; f.eks. på varmepumpeområdet er en stor del af produktionen gennem de seneste årtier flyttet fra Danmark til Sverige og Tyskland, som har så tilpas lavere produktionsomkostninger, at en udflytning har været relevant.

Samme mekanisme gør sig mange steder gældende i forhold til at overgå fra teknologiudvikling til eksport. Investeringer i ny teknologi på energiområdet er ofte en bekostelig affære, som ikke kan komme hjem igen alene ved det danske marked, jf. også afsnit 9.6. De virksomheder, der har økonomisk formåen til at investere i udvikling af ny teknologi, vil typisk også have ressourcer til at udlægge produktionen til de områder, der bedst kan betale sig, subsidiært at sælge produktionsrettighederne til en udenlandsk producent. Et eksempel er solcelleområdet, hvor en betydelig udvikling finder sted i Danmark, men hvor stort set al produktion sker i udlandet.

En udlagt produktion betyder samtidig, at samspillet mellem produktion og videreudvikling/samspil med andre energi- og bygningskomponenter besværliggøres. Dette er f.eks. tilfældet for arbejdet med at integrere solceller i bygninger (i modsætning til at montere solpaneler uden på eller oven på en given bygning). Der udestår fortsat en del udvikling på dette område, ikke mindst i forhold til æstetik, men dette vanskeliggøres af, at en meget stor del af de solpaneler, der benyttes i Danmark og Europa, produceres i Kina. For andre byggematerialer (isoleringsma-

teriale, vinduer etc.) er samspillet mellem videreudvikling og produktion betydeligt lettere, da udvikling og produktion er geografisk tættere på hinanden.

9.4.5 Finansiering

For mange energiløsninger standser udviklingseventyret, når processen overgår til testfasen. Det er uhyre kapitalkrævende og kræver mange kørselstimer på demonstrationsanlæg, før en løsning er markedsklar.

Fonde og støtteordninger som EUDP yder en god støtte i denne fase.

9.4.6 Samarbejde mellem virksomheder inden for og på tværs af brancher

Megen udvikling sker inden for den enkelte virksomhed, subsidiært inden for den enkelte branche. Dette er en følge af, at virksomhederne er indbyrdes konkurrenter, og derved kan have et lavere incitament til at indgå i forsknings- og udviklingssamarbejde med andre virksomheder. Tilsvarende kan én branche konkurrere mod en anden for så vidt angår valg af energiløsning, hvilket kan have betydning for lysten til samarbejde. Samtidig kan det være hæmmende for samarbejdet på tværs af brancher, at området er præget af mange mindre brancheforeninger, der hver især organiserer og varetager interesser for enkelte typer energiløsninger. Dette bidrager til silotænkning og til et fragmenteret erhvervsliv.

Løsningen kan være at anskueliggøre de synergier, der vil være ved et samarbejde, samt at indgå i konsortier på tværs af brancher og virksomheder. Et eksempel herpå er Dansk Mikrokraftvarme – et konsortium bestående af flere virksomheder, der er gået sammen med henblik på at gøre denne energiløsning markeds- og eksportklar.

9.4.7 Afvejning mellem pris og æstetik

Mange udenlandske potentielle aftagere af danske løsninger har en anden æstetik-opfattelse end danske (og nordiske) virksomheder. Samtidig vægtes pris ofte relativt højere end æstetik end tilfældet er i Danmark – et forhold som er forstærket af den aktuelle økonomiske krise. Dette vanskeliggør løsninger, der er funderet på æstetisk merværdi, som f.eks. bygningsintegrerede solceller, hvor prisen kan være betydeligt højere end for eksternt monterede solpaneler.

9.4.8 Manglende udenlandsk forståelse for danske løsninger

I Danmark er f.eks. fjernvarme vokset til en solid og veletableret del af energibilledet, blandt andet som følge af en politisk beslutning om at satse herpå. Denne politiske forståelse mangler flere steder i udlandet, hvor energiløsninger i stedet i højere grad baseres på markedspris og ikke på samfundsøkonomi. Samtidig er danske energieksportører ofte oppe mod stærke traditioner for bestemte energikilder f.eks. gas. I den forbindelse er det klart en fordel, hvis den pågældende eksportenergiløsning relativt let kan indgå i det eksisterende energilandskab.

En løsning herpå er, at Danmark og danske virksomheder bliver bedre til at kommunikere de samfunds- og miljømæssige fordele, der er ved de enkelte løsninger.

9.5 Fravær af danske styrkepositioner

Hvor danske virksomheder har styrkepositioner inden for en lang række energiløsninger, jf. afsnit 9.3, er der også inden for bæredygtige boliger og energiløsninger områder, hvor danske virksomheder er fraværende, og hvor der ikke vurderes at være potentiale for danske virksomheder. Nedenfor er givet eksempler, som interviewpersonerne har fremhævet.

9.5.1 Intelligente forbrugsprodukter

En forudsætning for intelligent el-forbrug i de enkelte boliger er (selv med lagermulighed), at de el-forbrugende elementer (f.eks. hårde hvidevarer) kan tilpasses fluktuationer i el-produktionen. Der hverken udvikles eller produceres denne type elementer i Danmark i dag.

9.5.2 Solceller

Solceller produceres i dag i udlandet (primært Kina). Solceller vurderes at være et uomgængeligt supplement til andre energikilder, men skal altså importeres.

9.5.3 Store varmepumper

Sideløbende med individuelle varmepumper i enkeltboliger anvendes tillige meget store varmepumper i den centrale varmeforsyning. Disse store varmepumper produceres ikke længere i Danmark. Både for så vidt angår udvikling og produktion, har Japan indtaget en førerrolle, og præger desuden i det internationale normarbejde på området.

9.6 Investorer

I interviewene påpeges det meget konsistent, at det danske marked er for lille til at kunne understøtte teknologiudviklinger på energiområdet. De danske virksomheder udvikler altovervejende med henblik på det internationale marked.

For mange virksomheder fungerer Danmark imidlertid som et uundværligt laboratorium eller testcenter, hvor ny teknologi kan afprøves i praksis inden et eventuelt eksportspring. At Danmark opfattes som et godt sted at teste skyldes dels den meget velkvalificerede arbejdskraft, her findes; dels den politiske vilje der er for at understøtte disse aktiviteter. Endelig er der her i landet en række støtteordninger (PSO, EUDP, Højteknologifonden etc.) som medvirker til at fremme udviklings- og testaktiviteter. Disse ordninger har gennem de seneste 10-15 år haft mere og mere fokus på implementering og samarbejde mellem forskning og kommercialisering, hvilket har medvirket til at markedsmodne dele af de danske teknologiske frembringelser.

Ud over oplagte investorer som de danske energi-, bygge- og teknologivirksomheder fremhæves desuden pensions- og forsikringsselskaber som mulige investorer i (opførelse af) bl.a. bæredygtigt byggeri og vindmølleparker i Danmark. I udlandet (f.eks. Tyskland) er det dokumenteret, at bæredygtigt byggeri giver mere stabile lejere, der kærer sig om bygningerne – også i den almennyttige sektor. For investorerne i disse boliger er der således en gevinst i form af lavere lejerskifter, mere stabile huslejebetalinger, færre vakante lejligheder og mindre hærværk.

Som tidligere nævnt synes desuden et behov for investorer, der kombinerer interesse i helhedsløsninger og innovativ samtænkning af de enkelte energiløsninger med risikovillighed og volumen, således at disse løsninger kan realiseres ud over demonstrationsstadiet.

Ovennævnte investorer kan udmærket være udenlandske, så længe det fremmer realisering af et dansk kommercielt potentiale og dertilhørende arbejdspladser. Bygningsfonde og andre bemidlede aktører med interesse i bæredygtig tænkning ville desuden kunne spille en rolle.

9.7 Markedsføringsværdi af projektet i Vinge

Danske virksomheder har behov for et udstillingsvindue i Danmark, hvis udenlandske kunder skal overbevises om produktet eller systemet. Det virker på ingen måde tillidsvækkende, hvis det pågældende produkt eller system ikke finder anvendelse i hjemlandet. Alene af den grund har projektet i Vinge en markedsføringsværdi.

I Østeuropa og især i Rusland planlægges desuden en række hele byer og bydele. I forhold til disse vil Vinge sammen med andre bæredygtige byudviklingsprojekter i Danmark kunne agere demonstrationsmodel for energiløsninger og –løsningskombinationer med dansk teknologi og produkter/systemer.

Når dette er sagt, konkurrerer Vinge med en række andre bæredygtige byplansprojekter både i Danmark og i udlandet. Det kræver derfor en aktiv indsats, hvis Vinge skal have markedsføringsmæssig gennemslagskraft. Interviewene peger i den forbindelse på en række tiltag, der kan fremme dette.

- Projektet i Vinge indgår i markedsføringspartnerskaber med andre projekter. Herved mindskes risikoen for, at Vinge drukner som enkeltstående projekt. Samtidig kan markedsføringspartnerskaber give adgang til en række platforme, som ellers ikke ville være mulige inden for et givet markedsføringsbudget.
- Vinge præsenteres i kraft af sin helhed og samtænkning (også med det omkringliggende energisystem) og ikke udelukkende på baggrund af de enkelte energiløsningselementer.
- Vinges funktion som testcenter for de deltagende virksomheder anvendes af disse virksomheder som en del af deres udstillingsvindue.

9.8 Sammenfatning

I afsnit 9.3 og 9.4 er påpeget dels en række danske styrkepositioner med eksportpotentiale, dels en række barrierer for realisering af dette potentiale samt indikationer af løsninger herpå.

Dette leder frem til en række anbefalinger for, hvordan projektet i Vinge kan medvirke til løsningen af disse barrierer og til en realisering af det kommercielle potentiale, der ligger i de danske forcer på energiløsningsområdet.

Helhedstænkning
Den danske styrke i helhedstænkning med fokus på samspil i de forskellige løsninger og med tanke for både energibesparelser, energiforsyning, komfort og æstetik bør stå i fokus i Vinge. Dette i modsætning til fokus på enkeltstående løsningselementer og til vægt alene på energibesparelser i byggeriet.

Sammenhæng med det omkringliggende fluktuerende energisystem
Vinges mulighed for at kombinere decentral eller central energiforsyning og en intelligent interaktion med det omkringliggende energisystem bør udnyttes. Herved fremhæves danske virksomheders kompetencer for at lade forbrug og produktion - både på matrikelniveau og set over et større geografisk område - spille sammen.

Vægt på funktion frem for produkt
Vinge bør i sin præsentation af energiløsningerne lægge vægt på det funktionsmæssige slutresultat f.eks. energibillig og klimavenlig boligkomfort frem for det pågældende fysiske produkt.

Tværfagligt samarbejde helt til slut
Projektet i Vinge bør give mulighed for at lade de enkelte fag- og interessentgrupper følge implementeringen helt til dørs, således at den innovative samtænkning ikke slippes af syne.

Udformning af udbudsmateriale
Udformningen af de konkrete udbud for bolig- og byggeriopførelserne i Vinge bør være en anledning til at udvikle formuleringer, der sikrer, at delelementer i helhedsløsningerne ikke ryger som følge af besparelser fra tilbudsgivers side. I den forbindelse bør det inddrages hvorledes den konkrete organisering af offentlig-privat innovationssamarbejde vil påvirke udbudsopsætningen.

Testcenterfunktion
Projektet i Vinge bør give danske virksomheder mulighed for i praksis og stor skala at afprøve forskellige energiløsninger. Dette bør ske på en måde, så der genereres faktisk og brugbar ny viden – eventuelt i tæt samarbejde med vidensinstitutioner på området.

Fokus på energiløsninger, hvor danske virksomheder har potentiale
Ved udformningen af energiløsningerne i Vinge bør skeles til hvordan disse kan understøtte de kommercielle potentialer i Danmark – hvad enten der er tale om markedsmodne produkter eller om teknologier, der endnu er i sin vorden. Dette kan ske ved direkte at benytte disse løsninger, eller ved at bygge efter energikrav og standarder, der fremmer brugen af de danske teknologier og produkter, skaber et marked for disse, og øger kompetencerne og konkurrencedygtigheden blandt de danske faggrupper.

Platform for påvirkning af politik og normarbejde
Sidst men ikke mindst kan projektet i Vinge give afsæt og organisation til samlet politisk påvirkning og deltagelse i internationalt normarbejde. Fokus herfor kan være byggestandarder (danske og internationale), afgiftsstrukturer og –niveauer, smart energy grid koncepter etc.

10. INPUT TIL STRATEGISK ENERGIPLANLÆGNING

10.1 Mulighed for strategisk koordinering med Frederikssund fjernvarme

10.1.1 Frederikssund fjernvarmes aktuelle forhold og strategier

E.ON ejer og driver fjernvarmeforsyningen i Frederikssund. Det omfatter et kraftvarmeanlæg med ledningsnet, der blev etableret i 1996. Kraftvarmeanlægget består af to naturgasmotorer på hver 5,5 MW el og 6,5 MW varme samt fire naturgaskedler på i alt 27 MW. I alt er den samlede varmeproduktionskapacitet ca. 40 MW. Til anlægget er der knyttet en varmeakkumulatortank på 4.000 m3 (svarende til ca. 180 MWh).

I rapporten 'Udviklingsstrategi for fjernvarme Frederikssund og Slangerup, Sept. 2011' har E.ON fremlagt et bud på den fremtidige udvikling af fjernvarmeforsyningen i bl.a. Frederikssund.

Af strategiens scenarieberegninger for Frederikssund fremgår det, at en udvidelse af kundegrundlaget har et godt økonomisk potentiale og indeholder tillige store miljømæssige fordele. Målsætningen om at udvide i varmegrundlaget vil berettige etablering af et ca. 15 MW flisfyret kedelanlæg, der antages placeret i nærheden af rundkørsel ved Frederikssundsvej/ Strandvangen (Erhvervsområdet i Copenhagen Cleantech Park).

Figur 10-1 er hentet fra udviklingsstrategien og viser det eksisterende fjernvarmesystem (sort) samt det foreslåede nye fjernvarmesystem (grønt) med angivelse af det nye flisfyrede kedelanlæg placeret mod sydøst ved Frederikssundsvej.

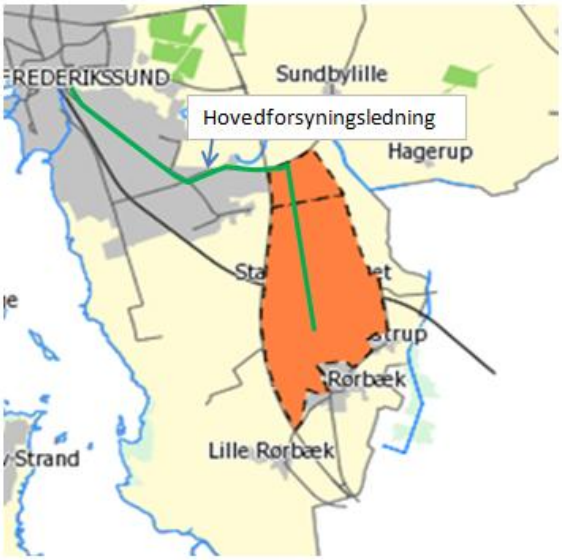
Da en fuld udbygning indebærer fuld udbredelse af fjernvarmen i byens sydlige villaområder, kan en mere reduceret målsætning være kun at udbrede fjernvarme omkring de større forbrugere (med blokvarmecentraler) i byens sydlige del. Da disse større forbrugere hovedsageligt er placeret langs Roskildevej, vil den foreslåede fliskedel stadigværk være relevant, selvom kun den reducerede målsætning realiseres.

Figur 10-1. Fuld udbygning af Frederikssund fjernvarme med foreslået tracé og produktionsanlæg (kopi fra udviklingsstrategien).

10.1.2 Muligheder for samdrift mellem Vinge og Frederikssund fjernvarme

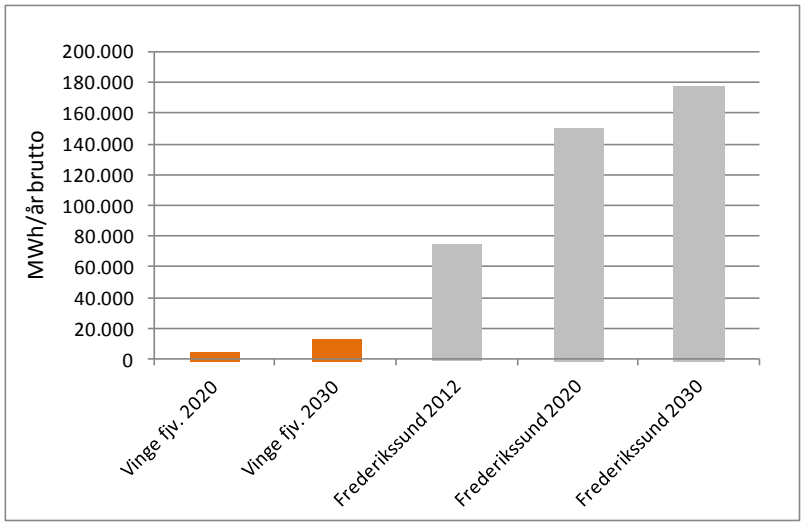
Antages det, at Frederikssund fjernvarme planlægger at udvide mod sydøst og etablere et fliskedel anlæg på op til 15 MW i nærheden af rundkørsel ved Frederikssundsvej/ Strandvange, åbner der sig et perspektiv for samdrift mellem Frederikssund fjernvarme og Vinge ved at sammenkoble de to fjernvarmesystemer. Det kan ske ved at etablere en forbindelsesledning på tværs af Frederikssundsvej. En hovedforsyningsledning mellem de to fjernvarmenet er illustreret i Figur 10-2.

Ved samdrift af de to systemer vil forsyningen til Frederikssund fjernvarmenet være markant dominerende alene med det eksisterende varmebehov og blive endnu mere dominerende ved en yderligere udbygning. Dette fremgår af Figur 10-3, hvor den eksisterende fjernvarmeproduktion i Frederikssund i 2012 er vist, ligesom der er angivet en prognose for udviklingen i Vinge hhv. Frederikssund for år 2020 og 2030.



Figur 10-2. Skitse af en hovedforsyningsledning med sammenkobling af de to systemer.

Til illustration kan det afledes af figurens tal, at hvis f.eks. det eksisterende varmebehov i Frederikssund bevares frem til år 2020, vil Frederikssund fjernvarme udgøre hele 93 %, mens Vinge kun kan forventes at udgøre de resterende 7 % af et samlet systems bruttovarmebehov.



Figur 10-3. Bruttovarmebehovet for den eksisterende fjernvarme samt prognoser for udbygning i hhv. Frederikssund og Vinge i år 2020 og 2030.

Der skal ved en samdrift tages højde for, at fremløbstemperaturen til Frederikssund fjernvarmenets er forholdsvis høj (op til 90-95 °C), mens der i Vinge planlægges med et lavt temperaturniveau (55- 60 °C) i fremløb. (Det kan selvfølgelig i årene forventes, at der sættes fokus på at få sænket den høje fremløbstemperatur i Frederikssund).

Med dette grundlag foreslås det, at der ved samdrift undersøges følgende alternativer:

- 15 MW fliskedel anlægges sammen med et 10.000 m2 solvarmeanlæg (evt. større)
- Ned til 9 MW fliskedel anlægges sammen med op til 6 MW absorptionsvarmepumpe
- En kombination af de to ovenstående alternativer, hvor der anlægges en fliskedel med absorptionsvarmepumpe samt et stort kollektivt solvarmeanlæg.

10.1.3 Fliskedel og kollektivt solvarmeanlæg

Etableres der et centralt fjernvarmesystem i det nye byudviklingsområde i Vinge er der skabt forudsætningen for dels at koble det sammen med fjernvarmenettet i Frederikssund og dels at etablere et fælles fliskedelanlæg og et fælles solvarmeanlæg.

I nærværende analyser antages der etableret et 15 MW flisfyret kedelanlæg samt et 10.000 m2 kollektivt solfangerareal. Til solvarmeanlægget forudsættes mulighed for at erhverve ca. 2,5 ha. jordareal på nogle marginaljorde til et passende lavt prisniveau (dvs. ikke over ca. 25 kr./m^2). Et større solvarmeanlæg er også muligt, men vurderes ikke nærmere her.

Solvarmeanlægget forudsættes opstillet med sydvendte paneler med en vinkel på 38-40 grader, en returtemperatur fra fjernvarmenettet på ca. 40°C om sommeren (30–35 °C om vinteren) og en afgangstemperatur fra solfangerne på ca. 80°C om sommeren (55–60 °C om vinteren). Det betyder en maksimal ydelse op til 7 MW og op til 46 MWh pr. dag ved fuld sommersol, samt ca. 5.000 MWh solvarmeproduktion på årsbasis. Den eksisterende varmeakkumulator ved kraftvarmeværket antages at sikre den nødvendige døgnudjævning af solvarmeproduktionen i forhold til aftaget.

Set på årsbasis vil solvarmeanlægget kunne dække Vinges samlede varmebehov og have førsteprioritet til Frederikssund.

Da der alligevel anlægges en hovedledning fra fliskedlen ind til Frederikssund, vil solvarmeanlægget dels kunne erstatte flisvarme dels kunne supplere flisvarmen og erstatte anden og dyrere varmeproduktion i Frederikssund, dvs. naturgaskedler og evt. naturgaskraftvarme, når kraftvarmeprisen er over 200-220 kr./MWh.

Det vurderes, at hovedledningen fra fliskedlen ind mod Frederikssund vil have en varmekapacitet på mindst 22 MW, hvilket betyder, at solvarmeanlægget vil kunne levere dens maksimale effekt på op til 7 MW ind til Frederikssund samtidigt med, at fliskedlen kan producere 15 MW. Muligheden er til stede uden at der vil være behov for at opdimensionere hovedledningen, men alene ved at øge vandhastigheden (til ca. 2 m/s).

Med indfasning af forsyningssikkerhedsafgift, der vil berøre fossile brændsler såvel som biomasse, vil et solvarmeanlæg blive yderligere økonomisk attraktiv.

10.1.4 Fliskedel med absorptionsvarmepumpe

I dette alternativ antages fliskedlen anlagt som hedtvandsanlæg (150 – 160 °C) sammen med en absorptionsvarmepumpe med COP = ca. 1,75. Meromkostningerne ved en hedtvandskedel i forhold til en normal varmtvandkedel vurderes meget begrænsede.

Idet produktionskapaciteten for det nye anlæg antages fastholdt på 15 MW, kan fliskedlen reduceres ned til 15/1,75 = 9 MW, i det omfang der kan skaffes op til 6 MW lavtemperaturvarme. Det kan f.eks. hentes fra følgende varmekilder:

- Ca. 1 MW ca. vil være til rådighed fra fliskedelanlæggets røggaskondenser,
- Et bidrag fra køling af kedelhallen,

- Industriel overskudsvarme fra Topsil Semiconductor Materials, der flyttes til den nye bys erhvervsområde,
- Varme i spildevand fra et lokalt spildevandsrenseanlæg,
- En eldrevet varmepumpe, der kan hente varme fra det fri og med meget høj COP og aflevere lavtemperaturvarme til absorptionsvarmepumpen.

Derved vil der kunne spares på biomasseressourcer samtidigt med, at lavtemperaturvarme, der ellers vil gå tabt, vil kunne udnyttes.

Absorptionsvarmepumpen antages i 2. trin, hvor varmeudtag ved lavere temperatur i 1. trin kan leveres til at dække varmebehovet i Vinge.

10.1.5 Kombination af fliskedel, absorptionsvarmepumpe og solvarmeanlæg

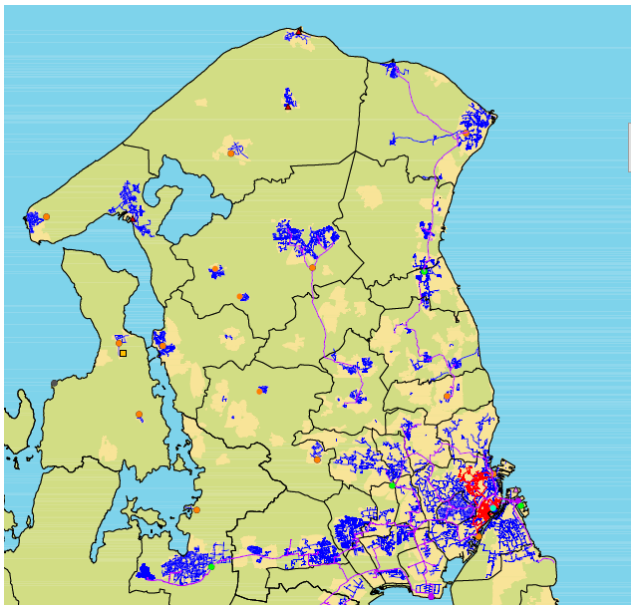
Fliskedlen med en absorptionsvarmepumpe kan suppleres med et kollektivt solvarmeanlæg.

Solvarmeanlægget og absorptionsvarmepumpen vil imidlertid komme til at konkurrere om den samme varmeleverance - især i sommerhalvåret. Det betyder, at der formodentligt ikke vil være en økonomisk fordel i at investere i både en absorptionsvarmepumpe og et solvarmeanlæg. Konditionerne kan dog ændre sig med tiden. F.eks. kan høje flispriser og et stærkt udvidet varmeopland i Frederikssund give økonomisk 'plads' til både solvarme og absorptionsvarme.

På den lange bane kan CSP (Concentrated Solar Power) også supplere med hedtvand til absorptionsvarmepumpen og dermed spare på flis om sommeren.

10.2 Mulig strategisk indpasning af Vinge i den regionale fjernvarmeforsyning

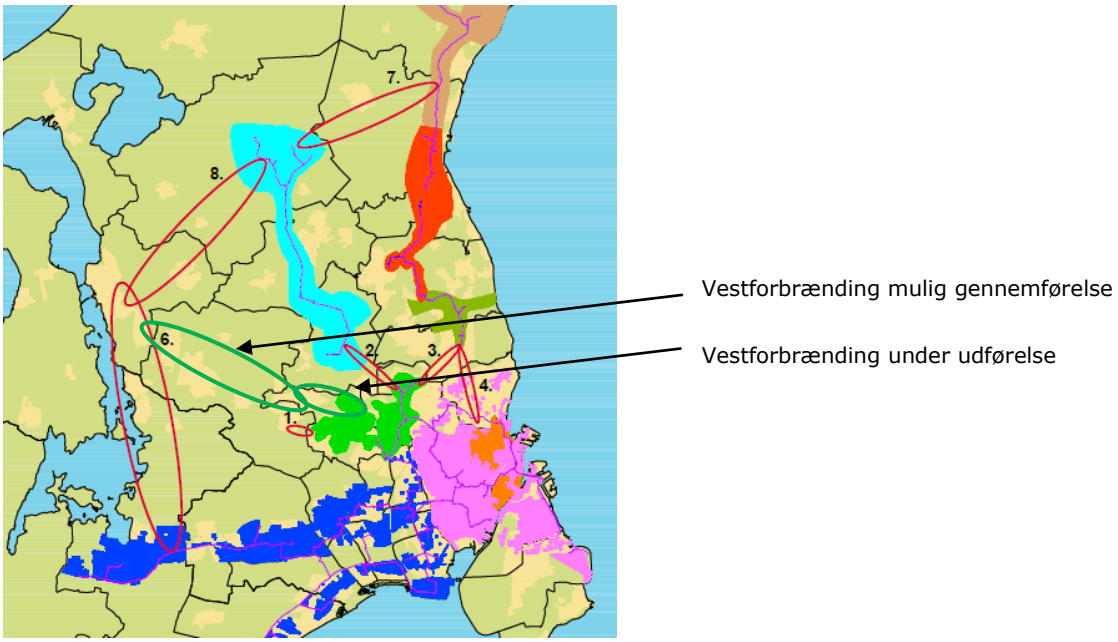
I Region Hovedstadens rapport om tværgående energiplanlægning er redegjort for både den lokale og regionale fjernvarmeforsyning i regionen. Det er illustreret på nedenstående kort.



Figur 10-4. Fjernvarmeforsyning i hovedstadsregionen.

I samme rapport er desuden skitseret nogle yderligere regionale samarbejder om tværgående energiplanlægning og regionale fjernvarmeledninger, der overvejes eller kunne være aktuelle.

Nedenstående korskitse viser nogle af de regionale planer, der undersøges.

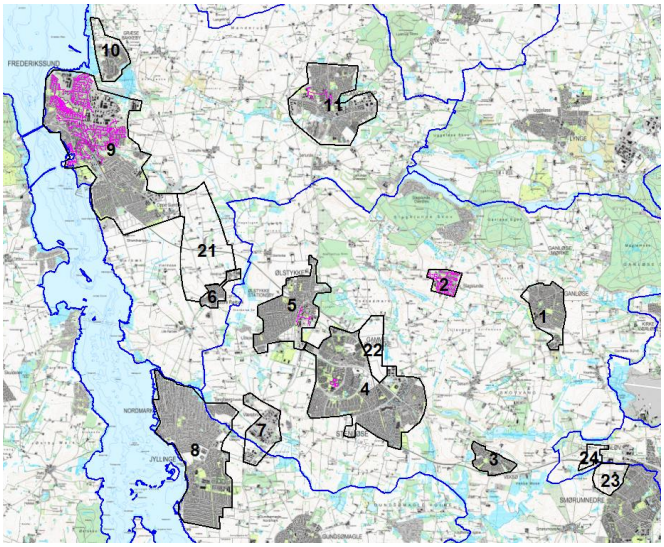


Figur 10-5. Regionale planer om tværgående energiplanlægning.

Forbindelse 2 er således allerede etableret, forbindelse 3 er under planlægning. Det ses, at forbindelse 6 og 8 kunne inddrage Vinge i et regionalt samarbejde. Nr. 8 forudsætter dog, at der etableres en større effektiv grundlastenhed omkring Hillerød. En mulig forbindelse fra Måløv til Frederikssund, som også har været på tale, var ikke vist i rapporten, men er tilføjet på figuren ovenfor. Det ses, at der således er hele 3 muligheder for at Vinge kunne inddrages i et regionalt samarbejde.

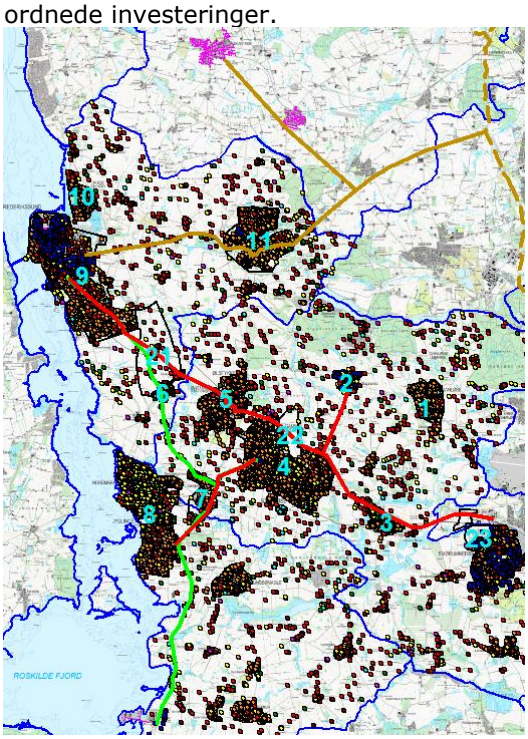
Vestforbrænding har efterfølgende vurderet fjernvarmemarkedet omkring Frederikssund på et meget overordnet niveau og fundet det økonomisk attraktivt at arbejde videre mod et sammenhængende fjernvarmesystem fra Ballerup over Egedal Kommune til Frederikssund. Første fase til Måløv er under udførelse og derudover er lokale løsninger i Egedal ved at blive vurderet. Den på figuren viste angivelse af forlængelse fra Måløv til Frederikssund forventes at blive en realitet når varmetætheden er øget så meget at en transmissionsledning og samlet VE produktion vil blive relevant.

På nedenstående kort er skitseret de aktuelle byområder og de eksisterende fjernvarmenet. Vinge er område 21.



Figur 10-6. Byområder og eksisterende fjernvarmenet. Vinger er område 21.

I undersøgelsen blev de 3 mulige forbindelser til Frederikssund belyst mht. varmemark og overordnede investeringer.



Figur 10-7. Mulige forbindelser til eksisterende fjernvarmenet.

Den grønne forbindelse fra VEKS er som nævnt ovenfor skrinlagt. Den røde fra Vestforbrændings kommende ledning i den vestlige del af Måløv er mest aktuel af flere grunde:

- Der ventes en byudvikling i Frederikssund fingeren på grund af kollektiv transport og motorvej. Aktuelt er der ud over Vinge, planer om udbygning i Egedal Park og omkring Kildedal.
- Vestforbrænding har besluttet at opdimensionere hoveledningen til NOVO i Måløv til DN250 således, at der kunne etableres grundlast på ca. 10 MW videre mod Frederikssund.
- Egedal Park er under udbygning, og der ligger et potentielt projektforslag for at etablere fjernvarme til eksisterende blokvarmecentral, større gaskunder og den nye bebyggelse baseret på en 2,5 MW biomassefyret kedel kombineret med solvarme og på længere sigt en større varmepumpe.
- Slagslunde by har fået mulighed for at etablere en op til 1 MW biomassekedel som led i energiaftalen, og denne kunne erstattes af en forsyning fra en transmissionsledning.
  Der er et potentiale for at udbygge fjernvarmen i Frederikssund, hvis der tilføres mere økonomisk fordelagtig grundlast, eksempelvis fra Vestforbrænding. Grundlasten fra Vestforbrænding vil dog ikke kunne dække hele behovet i bebyggelserne mod Frederikssund, og der skal derfor suppleres med centrale VE produktionsenheder i Nordsjælland samt lokale produktionsenheder og evt. et større varmelager til at udnytte anlæggene bedre.

I forbindelse med vedtaget klimastrategi for Region Hovedstaden udarbejdet i samarbejde med KKR hovedstaden er det planlagt at gennemføre et strategisk Energiforsyningsprojekt, der bl.a. vil afklare de overordnede muligheder for et sammenhængende energisystem og dermed bl.a. beskrive behov for transmission og produktion i et sammenhængende fjernvarmesystem for opnåelse af bedst mulig sammenhæng mellem relevante energisystemer i de 29 kommuner i Region Hovedstaden.

11. CO_2-BELASTNING VED ETABLERING OG VEDLIGEHOLD AF BYEN

Formålet med en beregning af CO_2 -belastningen ved opførelse og vedligehold af Vinge, er at få det samlede billede af byens klimapåvirkninger og ikke udelukkende det bidrag, der stammer fra energiforbruget. Beregningen er et første overslag for byen, der som supplement til driftskalkulerne kan give en indikation af, hvor lang CO_2-tilbagebetalingstiden vil være, når der udelukkende ses på opførelsen og den løbende vedligehold af byen.

11.1 Forudsætninger

Der er gennemført beregninger af CO_2- udledningen for opførelsen af Vinge i Frederikssund for hovedscenariet, hvor der regnes på baggrund af følgende forudsætninger:

	Boliger	Husstand	Boligstørrelse	Indbyggere
Tæt/lav	1.1.815	2,6	150 m^2	4.718
Etage	2.259	2,3	120 m^2	5.196
Total	**4.074**			**9.914**

	Etageareal	m^2 pr. arbejdsplads	Arbejdspladser
Kontorerhverv	43.949	30	1.465
Institutioner	23.000	100	230
Produktion	*193.243*	*200*	*966*
P-kontorer	*60.417*	*50*	*1208*
Total	**320.613**		**3.870**

Tabel 11-1. Hovedscenariet for den forventede udvikling.

Samlet set, er der ingen forskel på belastningen for hele byen i de to scenarier, mens der er en forskel på ca. 20 % mellem hovedscenariet og det alternative scenarie for den centrale del af byen og boligdelen. Tallene for det alternative scenarie er ca. 20 % lavere end for hovedscenariet.

Beregningerne dækker udelukkende energi og materialer i anlægsaktiviteter, og ikke energiproduktionen/forbruget under driften af byen. I beregningerne er følgende områder inkluderet:

- Tæt-lav bebyggelse
- Høj (etagebebyggelse)
- Let-industri (kontorerhverv, p-kontor og produktion)
- Institutioner/skoler
- Vandværk
- Rensningsanlæg
- Togstation[9]
- Infrastruktur:
- Vejnet
- Vandnet
- El-net
- Evt. varmenet
- Kloaknet

Der er foretaget en vurdering af størrelsen af hvert område, ved at se på data for eksisterende byer svarende til Vinge. Vurdering af CO_2- belastningen bygger på generelle data frem for primære data, da vurderingen er et overslag og specifikke projektplaner og tekniske løsninger endnu ikke er oplyst.

[9] Der regnes udelukkende på togstationen og ikke skinnerne, da det antages at byen bygges op omkring det eksisterende jernbanenet

11.2 Antagelser

Ved gennemførelse af beregningerne har der ikke været kendskab til den præcise placering og størrelse af veje, boligområder, parker mm. Beregningerne bygger derfor på en række antagelser, som her er belyst.

Præcise tal for infrastrukturen i Vinge er ikke kendt på nuværende tidspunkt. Der er derfor lavet estimater ud fra eksisterende byer, der er sammenlignelige med Vinge. Antal km vejnet er fundet via opgørelser fra vejdirektoratet og ud fra klimakortlægning for Herlev kommune[10]. Størrelsen af den øvrige infrastruktur er sat som procentsatser af størrelsen af vejnettet. Antallet af pumpestationer og størrelser på stationsbygninger mm. er baseret på erfaringstal i NIRAS.

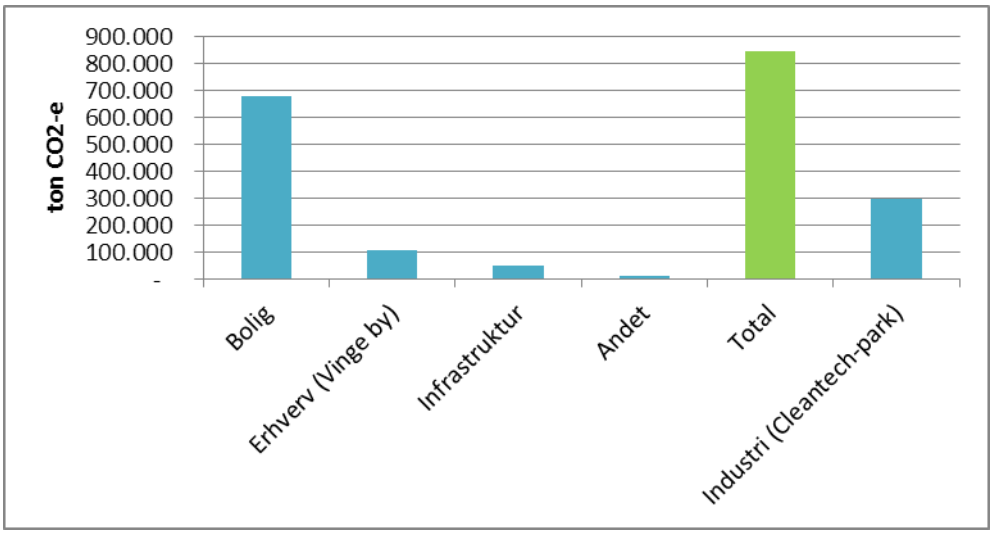
11.3 CO_2- belastning i Anlægsfasen

Anlægsfasen dækker over følgende aktiviteter, der er CO_2-udledende:

- Energi- og ressourceforbruget til produktion af materialer og produkter
- Transport af materialer generelt
- CO_2 -udledninger fra produktion af materialer stammer fra den energi, der er brugt til at producere materialerne. Det vil sige CO_2 forbundet med produktionen fra "vugge til grav".

11.4 Resultater for anlægsfasen

Resultaterne af CO_2 -beregningerne for anlægsfasen af Vinge ses i figur 1, fordelt på 5 kategorier og angivet som total.



Figur 11-1. Total CO_2–udledning i anlægsfasen for hovedscenariet.

Den totale CO_2-belastning ved opførelse af Vinge by er på ca. 1 mio. ton plus erhvervsparken Copenhagen Cleantech Park. Det fremgår af figuren, at det er opførelsen af boliger, der har den største CO_2 -udledning af alle områderne, fulgt af erhvervsbyggeri, fortrinsvis kontorer og institutioner. Etablering af infrastruktur udgør ca. 15 % i forhold til hhv. bolig og erhverv og kun ca. 7 % af det samlede billede. Erfaringsmæssigt, vil CO_2-belastningen for anlægsmaterialerne være forholdsvis meget større for bebyggelse end for infrastruktur, hvilket forklarer, hvorfor bolig og erhverv er de områder, der giver den største CO_2 udledning.

Etablering af Cleantech-parken ved Vinge by udgør ca. 1/3 af den samlede CO_2-belastning eller ca. 300.000 tons for Vinge By og vil derfor også give et væsentligt CO_2-bidrag.

Bidraget fra hvert enkelt område og fordeling på kategorierne er udspecificeret nedenfor. De fysiske enheder viser mængderne brugt i beregningerne.

[10] NIRAS har via en klimakortlægning for Herlev kommune fået indsigt i Herlev kommunes kilometeropgørelse af vejnettet.

Kategori 1	Område	Fysisk enhed		Resultat ton CO2-e
Bolig				
	Tæt/Lav	300.000	m2	350.000
	Høj (Etage)	300.000	m2	350.000
Industri				
	Kontorerhverv	45.000	m2	70.000
	Institutioner	25.000	m2	40.000
	Industri(Cleantech-Park)	250.000	m2	300.000
Infrastruktur				
	Vej-net	35	km	35.000
	Jernbanenet	-		-
	Vand-net	55	km	2.500
	El-net	55	km	700
	Evt. varme-net	55	km	4.000
	Kloaknet	-		6.000
Andet				
	Vandværk	1	stk	4.000
	Rensninganlæg	1	stk	4.000
	Togstation	100	m2	150
	Sportspladser			-
	Parker			-
	Vandpumpe	9	stk	1.500
Total CO2- udledning				**1.167.850**

Tabel 11-2. Det relative bidrag for hvert enkelt område for opførelse af Vinge.

Den totale CO_2-udledning for opførelsen af den centrale del af Vinge og boligområderne er således beregnet til ca. 1 mio. ton, eksklusiv opførelse af erhvervsparken. Medregnes erhvervsparken bliver CO_2-belastningen nærmere 1,3 mio. ton for opførelsen af Vinge by og erhvervspark.

I beregningerne, er der fortaget en række antagelser bl.a. en konservativ vurdering af de antal km infrastruktur, der skal anlægges. Når der foreligger mere konkrete anlægsplaner er det muligt at tilpasse CO_2-beregningerne. Derudover er der en række områder, som ikke er medregnet i beregningen, bl.a. anlæggelse af energiproduktionen, parker og sportspladser. Medregnes dette, vil det betyde en større CO_2-udledning, end den der er beregnet her. På baggrund af usikkerhederne og de nævnte antagelser, forventes CO_2-belastningen alene for Vinge by, at udgør i størrelsesordenen 1 mio. tons CO_2. Medregnes en eventuel erhvervspark, forventes CO_2-udledningen at være ca. 400.000 tons højere.

11.5 Vedligehold af byen

Vinge by's "forventede levetid" antages at være ca. 100 år inden byen er udtjent, hvad angår bygninger og infrastruktur. I løbet af de 100 år, vil der være løbende vedligehold af både bygningerne samt forskellige infrastrukturdele. Dette har også en omkostning i forhold til byens CO_2-belastning som skal medregnes i det samlede CO_2-regnskab. En total udskiftning af den centrale det af byen og boligområderne i løbet af de 100 år antages at være sammenlignelig med opførelsen af Vinge by og giver en yderligere CO_2-belastning på ca. 1.mio. tons.

11.6 Konklusion

Den totale CO_2-udledning for Vinge by er beregnet til ca. 2 mio. tons svarende til ca. 3 tons CO_2 pr. m^2 byggeri. (eksklusive industriområdet)

Da vurderingen bygger på general data og på data fra andre projekter, så kan resultaterne kun bruges som en vejledende screening. Hvis der skal udføres en dybdegående vurdering af hele Vinge i forhold til det konkrete projekt, så kræver det indsigt i detailprojekteringen med forslag om en detaljeret beregning, hvor flere områder inddrages.

Ved at inddrage flere områder, er det muligt at gøre beregningen mere præcis. Når planlægningen af byen er længere og på et mere detaljeret niveau, hvor der er kendskab til placering og antal af eksempelvis parker, parkeringspladser, lejepladser, grønne arealer og frirum, idrætsanlæg samt længden af fortove og cykelstier mm, er det muligt at foretage en mere detaljeret vurdering. Da der ikke er kendskab til behovet for energiproduktionen i byen på nuværende tidspunkt, er dette heller ikke inkluderet i beregningen, men bør indregnes på et senere tidspunkt.

11.7 Metode

11.7.1 Program og data

CO_2 -beregningerne er udført i softwareprogrammet SimaPro, som er et Hollandsk udviklet software til at gennemføre livscyklusvurderinger (LCA). SimaPro kan håndtere både input –output-tabeller (IO-tabeller)[11] og store livscyklus-databaser bl.a. EcoInvent.

EcoInvent databasen er en verdens største livscyklusdatabaser med over 4.000 livscyklusvurderinger af materialer, processer m.m.. Udledningerne for Ecoinvent er beregnet ved brug af karakteriseringsmetoden Stepwise.

IO-tabeller repræsenterer alle økonomiske transaktioner mellem alle produkter og sektorer i et land i et år. For hver sektor inkluderer modellen data for direkte emissioner samt forbrug af produkter fra andre sektorer. En særlig egenskab ved IO-beregninger er, at alt er medregnet, mens en traditionel livscyklusvurdering opererer med såkaldte cut-off kriterier, hvilket betyder, at en del emissioner udelades fra beregningerne. Det er således ikke unormalt, at en traditionel livscyklusvurdering underestimerer de reelle emissioner med 50 %.

11.8 Referencer

Størstedelen af data brugt til beregningerne er indhentet via databaser brugt i beregningsværktøjet SimaPro. CO_2 -koefficienter er primært taget fra EcoInvent databasen, men for kategorierne Bolig og Industri er der anvend IO-data for den danske byggebranche.

[11] Input-output-tabeller er nationaløkonomiske tabeller, der angiver handel mellem sektorer i Danmark samt import og eksport. For miljøforstærkede input-output-tabeller, er en række miljøpåvirkninger koblet på, herunder drivhusgasudledninger.

Kategori 1	Område	Omregningsfaktor til CO2-e		Reference
Bolig				
	Tæt/Lav	100	g CO2/kr	CONCITO/NIRAS
	Høj (Etage)	100	g CO2/kr	CONCITO/NIRAS
Erhverv				
	Kontorerhverv	100	g CO2/kr	CONCITO/NIRAS
	Institutioner	100	g CO2/kr	CONCITO/NIRAS
Industri				
	Produktion (Let-industri)	100	g CO2/kr	CONCITO/NIRAS
Infrastruktur				
	Vej-net	1.015.664	kg CO2/km	EcoInvent
	Jernbanenet	4.232.663	kg CO2/km	EcoInvent
	Vand-net	45.586	kg CO2/km	EcoInvent
	El-net	12.701	kg CO2/km	EcoInvent
	Varme-net	77.423	kg CO2/km	EcoInvent
	Kloaknet	1.327	kg CO2/husstand	Rambøl
Energiproduktion				
	Vindmølle (800 kW)	411.270	kg CO2/p	EcoInvent
	Solcelle (single Si)	5.827	kg CO2/p	EcoInvent
	Kraft/varmeværk			
	Varmepumpe	4.750	kg CO2/p	EcoInvent
Andet				
	Vandværk	3.813.158	kg CO2/p	EcoInvent
	Rensninganlæg	3.813.158	kg CO2/p	EcoInvent
	Togstation	100	g CO2/kr	CONCITO
	Sportspladser			
	Parker			
	Vandpumpe	160.515	kg CO2/p	EcoInvent

Tabel 11-3. Teoretiske inputs brugt til beregningerne.

Derudover er der brugt følgende referencer:

- Danmarks Statistik, 2010: Gennemsnitlig størrelse på danske virksomheder.

11.9 CO_2 neutralitet af etablering og vedligehold

Såfremt CO_2 neutralitets begrebet udvides fra det rene driftsbaserede, som er anvendt i alle scenarierne og beregningerne, til også at omfatte byens tilblivelse og vedligehold – altså, at byen selv skal tilbagebetale den CO_2 mængde det har kostet at opføre den og vedligeholde den, vil det være nødvendigt med en større egen produktion af energi end til driften.

Den beregnede værdi til etablering og vedligehold af den centrale bydel og boligerne med tilhørende infrastruktur er på ca. 3 t CO_2 per. m^2 byggeri over 100 år, hvis skal der kompenseres med en produktion af en ekstra mængde vedvarende energi svarer til dette, skal der opsættes 60-80 m^2 flere solceller per bolig eller kompenseres på anden måde, f.eks. ved at etablere 8 stk. 2 MW vindmøller.

Det ligger uden for denne opgaves rammer at afgøre, om en sådan foranstaltninger og merudgifter er hensigtsmæssige eller ej, men hvis samfundet på længere sigt skal være CO_2 neutralt, vil det være nødvendigt med en kompensation af denne eller anden måde.

De seneste udmeldinger fra EU om bæredygtighed og energiproduktion peger på nye regler for anvendelse af landbrugsprodukter og jord til andet end fødevarer – den såkaldte ILUC effekt - Indirect Land Use Chage. Dette kan få betydning for placering af arealkrævende anlæg som f.eks. solceller og solpaneler på terræn. Forskere peger på et tab svarende til ca. 9 t CO_2/ha/år som værdi der skal indregnes i fremtiden, men som ikke er medtaget i beregningerne af det centrale scenarium. Ved de øvrige scenarier er solceller og solfangere placeret på tage og facader, og har dermed ikke en selvstændig påvirkning af ILUC.

12. SMART ENERGY GRIDS

Dette afsnit beskriver de overordnede politiske rammer for introduktion af intelligente energinetværk i Danmark.

12.1 Dansk energipolitik

Debatten om intelligente energinetværk (smart grid) er blevet aktualiseret gennem den danske energipolitik, som stiler mod at blive uafhængig af fossile brændsler i 2050.

Følgende tre målsætninger er centrale i den danske energipolitik:

- I 2020 skal 50 % af elforsyningen være baseret på vindkraft
- I 2035 skal 100 % af el- og varmeforsyningen være baseret på vedvarende energi
- I 2050 skal 100 % af energiforsyningen[12] være baseret på vedvarende energi

Målsætningen om fossil uafhængighed i 2050 kræver dels integration af mere vedvarende energi i energisystemet og dels en højere energieffektivitet. I Danmark satses der på biomasse og især vind som vedvarende energikilder, og en stor del af den vedvarende energi skal fremover komme fra vindmøller. Det betyder, at energisystemet i højere grad skal baseres på el, som derfor skal integreres bedre i flere sektorer[13]. Det betyder samtidigt, at energisystemet skal balanceres bedre, så samspillet mellem forskellige energiformer optimeres - dvs. mellem el, fjernvarme, fjernkøling, gas såvel som samspillet mellem forskellige sektorer – dvs. mellem bygninger, transport og industrielle processer. Endeligt skal energiforbruget blive mere fleksibelt, så det bedre kan tilpasses en fluktuerende energiproduktion.

12.1.1 Energiforliget 2012

Regeringen og oppositionen vedtog 22. marts 2012 en bred aftale om den danske energipolitik fra 2012-2020. Aftalens to hovedelementer er integration af mere vedvarende energi og højere energieffektivitet. Der sigtes mod at have reduceret det nationale energiforbrug med 7 % i 2020 ift. 2010, samt at 50 % af elforbruget i 2020 skal være baseret på vindenergi.

Aftalen indeholder også initiativer stilet mod smarte elnet (smart electricity grid) med den begrundelse, at en udbygning af elnettet og det øvrige energisystem skal ske intelligent.

12.2 Intelligent energinetværk (Smart Grid)

Dette afsnit beskriver, hvad et intelligent energinetværk er, og hvilken funktion det overordnet skal udfylde. Derudover beskrives nogle af de elementer, som gør energinetværket intelligent, herunder informations- og kommunikationsteknologier og fleksibelt elforbrug.

12.2.1 Definition

Der er kommet stort politisk fokus på bæredygtig byudvikling, og begreber som "smart cities" og "smart grid" anvendes ofte som elementer i bæredygtig byudvikling, uden begreberne dog er klart definerede.

I en rapport om energiforsyning til bæredygtige byer definer Risø smart energy grids som:

"Intelligent thermal and electrical grids, plus local energy storage, will enable the city to integrate its own decentralized energy production into the wider grid, and respond to fluctuating electricity production from regional electricity network based on solar and wind energy. Smart energy grids also facilitate various demand-site measures" (Risø 2011).

I forbindelse med energiscenarierne for St. Rørbæk anvendes Risøs definition af intelligente energinetværk (smart energy grids). Det intelligente energinetværk defineres altså som et system, der forsyner en by med el, varme og evt. køling på en smart måde. Begrebet omfatter altså i lige høj grad elnettet, varmenettet og et evt. kølenet.

---

[12] Omfatter alle sektorer, dvs. el, varme, transport og industri

[13] Bl.a. med flere varmepumper, el- og hybridbiler mv.

Begrebet "smart grid" anvendes ofte som synonym for "intelligent elnetværk", hvilket adskiller Risøs definition, som anvendes i dette projekt, hvor smart grid omfatter samtlige energisystemer. Årsagen til det store fokus på elsystemet er formodentligt, at mange lande har store problemer med at udjævne elforbrugets spidser. Det leder i nogle lande til ufrivillig afkobling af vitale elforbrugere og udløser behov for ny elkapacitet. Med udsigten til fluktuerende produktion fra eksempelvis vind vil dette problem øges markant, hvis ikke der gøres noget radikalt. I udlandet er hovedformålet med "smart grid" derfor lastudjævning og evt. integration af VE i elsystemet.

Det store fokus på elsystemet i Danmark skyldes nok især, at integration af mere vindkraft er et centralt middel til at opnå uafhængighed fra fossile brændsler, og at store dele af især transport-, varme- og processektorerne i højere grad forventes elektrificeret. I Danmark skal "smart grid" ligesom i udlandet anvendes til lastudjævning samt til at integrere mere VE i energisystemet. På trods af det store fokus på indførelse af intelligente tekniske løsninger i elnettet – såsom timeafregnet elforforbrug- er det vigtigt at holde for øje, at energisystemerne skal balancere og supplere hinanden, og at sammenspillet mellem energisystemerne derfor er en del af "smart grid". Risøs definition på smart grid fastholdes derfor i dette projekt.

12.2.2 Funktion

Fremtidens byer vil i højere grad blive forsynet med energi fra vedvarende energikilder. I Danmark satses der især på en øget vindkraftandel, og derfor skal andelen af el i energisystemet øges.

Energiproduktion fra vind og sol adskiller sig fra andre vedvarende energikilder ved at være vejrafhængigt og dermed også mere uforudsigelig, så energisystemet skal fremover være i stand til at håndtere en fluktuerende produktion. Det kan bl.a. ske gennem forskellige former for intelligent styring, oplagringsmuligheder i og uden for nettet og fleksibelt forbrug.

Dertil kommer, at energiproduktionen vil blive mere decentral, i takt med at flere virksomheder og boliger begynder at producere el og varme til eget forbrug med vindmøller, solceller, varmepumper og andre alternative produktionsformer. Energinetværket skal give disse brugere mulighed for at aftage energi i perioder, hvor de ikke kan dække egetforbruget, men også for at afsætte og sælge overskudsproduktion.

Energisystemets evne til at håndtere en større andel vedvarende energi kræver også, at de forskellige energiformer og sektorer kan spille sammen og balancere hinanden. I perioder med høj vindkraftproduktion kan det f.eks. være en fordel at reducere kraftvarmeproduktion og i stedet forsyne varmekunder fra varmelagre. Større varmelagre kan således øge fleksibiliteten i et system med stor vindkraftandel. Overskydende elproduktion kan ligeledes bruges i varmepumper og elkedler tilkoblet f.eks. et fjernvarmesystem.

Samlet set vil fremtidens intelligente energinetværk især have følgende karakteristika:

- Elsystemer med stor fleksibilitet og korttidsafregning
- Fjernvarmesystemer med mulighed for endnu større lagring end i dag
- Fjernkølesystemer med mulighed for lagring
- Naturgas- og biogassystemer med mulighed for lagring
- Energieffektive bygninger med energieffektive apparater og systemer med indbygget IT- og kommunikationsteknologier der giver muligheder for fjernstyring og derigennem fleksibelt forbrug

Derudover vil energinetværket have forbindelse til andre centrale- og decentrale systemer:

- Affaldssystemet, inkl. forbrænding og forgasning
- Spildevandssystemet, inkl. varmegenvinding fra spildevand og forgasning af slam
- Transportsystemet med el og gas til let og tung trafik

Interaktion mellem energisystemer og bygninger indgår centralt i EU's direktiver. EU's politik om at nedbringe forbruget af fossile brændsler på en omkostningseffektiv måde udmøntes i en række direktiver indenfor energiområdet, herunder især direktiverne for strategisk miljøvurdering, vedvarende energi, bygninger, energiforbrugende produkter samt forslaget til direktiv for energieffektivisering. Direktivet for strategisk miljøvurdering, som skal sikre, at overordnede politikker, planer og programmer koordineres på tværs af sektorer, vil fremme en samlet mere bæredygtig byudvikling, hvor eksempelvis bystrukturen, den kollektive transport samt infrastruktur for elnettet, fjernkøling, fjernvarme, blokvarme og decentrale forsyningsformer spiller sammen på en intelligent måde.

12.2.3 Informations- og kommunikationsteknologier (ICT)

Det intelligente energinetværk vil være kendetegnet ved integrerede informations- og kommunikationsteknologier (ICT), der bl.a. muliggør intelligent styring og tovejs informationsudveksling mellem forbrugere og producenter.

ICT teknologier omfatter bl.a.:

- Sensorer som registrerer nettets tilstand og automatisk kan isolere dele af nettet og udbedre fejl
- Smarte apparater, systemer og køretøjer som automatisk reducerer energiforbruget, hvis nettet signalerer det: Elbiler, varmepumper, hårde hvidevarer mv.
- Demand-response teknologier som giver forbrugerne mulighed for at reducere eller forskyde forbrug, og derved kan fremme fleksibelt forbrug

Demand-response teknologier leverer information til forbrugerne om energinetværkets tilstand, så forbrugerne har mulighed for at reducere deres forbrug samt forskyde forbrug til perioder udenfor spidsbelastning, hvor energipriserne er lave. Introduktion af demand-response teknologier kan både være frivillig, automatisk eller en kombination. Visning af aktuelle energipriser kan motivere forbrugere til at forskyde deres energibehov til perioder udenfor spidsbelastning. Visse apparater, såsom frysere, kan f.eks. programmeres til at slukke i kortere perioder, når belastningen på energisystemet er høj, uden at være til gene for den enkelte forbruger.

Demand-response teknologier omfatter især:

- Intelligente målere som kan måle energiforbruget f.eks. hvert 5-10 min. og har automatisk aflæsning
- Intelligente registrerings- og styringsenheder som giver mulighed for central overvågning af boligers energiforbrug, som kan modtage og reagere på prissignaler og energiprognoser, og som kan styre temperatur, lys mv.

12.2.4 Fleksibelt forbrug

Energisystemet skal fremover være i stand til at balancere en fluktuerende energiproduktion med energibehovet. Det kræver bl.a., at energibehovet tilpasses produktionen (modsat i dag), dvs. at forbruget bliver fleksibelt. Fleksibelt forbrug er altså, når forbrugeren flytter sit forbrug bort fra spidsbelastningsperioder.

Fleksibelt forbrug kan introduceres ved at intelligente apparater i bygningen automatisk reguleres ift. signal fra et centralt sted i energinetværket, eller ved at forbrugeren aktivt foretager reguleringen baseret på data fra et centralt sted. ICT teknologier giver forbrugerne den nødvendige information til at overvåge og regulere deres energiforbrug. Det kan eksempelvis ske gennem realtids prissignaler sammenholdt med erfaringsdata om forbrugsmønstret for den specifikke husholdning.

Nogle energiforbrug kan flyttes, uden forbrugeren oplever komforttab, mens andre forbrug ikke kan flyttes. Elforbruget til fjernsynet kan f.eks. ikke flyttes uden komforttab, fordi man så ikke kan se fjernsyn, når man har lyst. Fjernsynets elforbrug er derfor ikke fleksibelt, men det vil til gengæld med fremtidens lavenergielektronik være ubetydeligt. En opvaskemaskines elforbrug kan for de fleste derimod godt opfattes som fleksibelt, for opvaskemaskinen kan godt nøjes med

at køre i lavprisperioder, uden at det går væsentligt ud over komforten. Eller endnu bedre, en del af elforbruget kan bruges til opvarmning af brugsvand som kan lagres centralt og tages i brug når der er behov for det. For husstande med elvarme og/eller varmepumpe kan en del af forbruget også gøres fleksibelt. Det er især disse husstande, som vil få installeret udstyr, der automatisk kan flytte elforbruget til lavprisperioder.

I forbindelse med fleksibelt forbrug skal to ting bemærkes. For det første vil apparater i en almindelig husstand i fremtiden have et meget lavt energiforbrug, og effekten af at flytte sådanne forbrug til perioder udenfor spidsbelastning, vil derfor være begrænset. For det andet ønsker den almindelige forbruger generelt ikke at interagere personligt med energisystemet[14], så længe energien er til rådighed. Forsyningen bør i dette tilfælde automatiseres til det økonomisk optimale niveau, hvor generne er mindst for forbrugeren. Forbrugeren må dog nødvendigvis forhåndsgodkende muligheden for interaktion med energisystemet for at muliggøre fleksibelt forbrug men også have muligheden for at frakoble sig energisystemet i perioder hvor der måtte være behov for det. Sådanne overvejelser kan evt. indbygges i abonnementsordninger som kendes fra telesektoren.

Et af virkemidlerne til at fremme fleksibelt elforbrug er at indføre timeaflæsning og timeafregning (eller sågar realtids måling og aflæsning med et mindre tidsinterval bestemt af energiforsyningen eller forbrugeren selv). Intelligente elmålere kan udveksle data med et centralt datapunkt i energisystemet, og gør derved enten brugeren selv eller intelligente apparater i bygningen i stand til at reagere på et centralt prissignal.

Timeaflæsning i sig selv giver ikke et fleksibelt forbrug, men det muliggør, at kunden kan få økonomisk fordel af at agere prisfleksibelt. I dag bliver kunder med et elforbrug over 100.000 kWh timeafregnet, mens kunder med et forbrug under 100.000 kWh oftest er skabelonafregnet, dvs. at de aflæses med et givent interval, hvorefter forbruget timefordeles ud over en gennemsnitlig profil. I dag er ca. 50.000 kunder timeafregnet, mens de resterende 3 mio. kunder er skabelonafregnet. (Energinet.dk 2011).

12.3 Smart Energy Grid i Vinge

Dette afsnit beskriver, hvordan det intelligente energinetværk tænkes ind i de 3 energiforsyningsscenarier for Vinge.

12.3.1 Elproduktion, varmeproduktion og lagring

Den overordnede målsætning for Vinge er, at bydelen på årsbasis er CO_2-neutral, hvilket medfører, at VE produktion og energiforbrug skal afstemmes bedst muligt og være i balance på årsbasis.

Dette indebærer for varmeforsyningen, at der som minimum er lagringsmuligheder som muliggør, at varmeproduktionen kan ske på de mest optimale tidspunkter i løbet af et døgn. Samspillet mellem el og varme[15] består her i, at systemerne er afkoblede på døgnbasis.

Smart Grid med mulighed for sæsonlagring kan være nødvendig, såfremt det viser sig at Vinge, bliver en for stor energimæssig belastning for de omkringliggende områder om vinteren (hvor byen vil have en underproduktion af energi, under antagelse af at CO2-neutralitet blot skal nås over et år).

For evt. fjernvarme- og –kølesystemer må den samme præmis gælde for produktionsanlæggene, altså at de kan levere den nødvendige produktion på et vilkårligt tidspunkt på døgnet. Eksempelvis ved at integrere produktionsanlæg i systemet baseret på forskellige energikilder, såsom el, flis eller halm. Tidsmæssigt kan der flekses imellem hvilken produktionsform der er billigst i produktionsøjeblikket, set i forhold til den pågældende markedspris på energi.

[14] Ifølge undersøgelser fra Teknologisk Institut.

[15] Evt. også køling, hvis det bliver relevant i St. Rørbæk.

12.3.2 Fleksibelt forbrug

Et intelligent energinetværk er en forudsætning for Vinge i den forstand, at energiforbrug styres, så de spiller optimalt sammen med produktionssystemet. Det betyder, at nogle energibehov opfyldes momentant (f.eks. lys eller tv.), mens andre forskydes til andre tidspunkter (f.eks. opladning af elbiler eller tøjvask).

Følgende energibehov forudsættes at kunne forskydes til andre tidspunkter:

- Elforbrug
  - Varmepumper med lageringsmulighed
  - Elpatroner med lagringsmulighed
  - Elbiler
  - Tøjvask
  - Opvaskemaskine
  - Fryser
  - Evt. køling med lagringsmulighed
- Varmeforbrug
  - Varmt brugsvand til opvaskemaskine
  - Varmt brugsvand til vaskemaskine

12.3.3 Minutbaseret el-tariff

Der er en forventning fra Frederikssund Kommune om, at en 5-10 minutters el-tarif anvendes som grundforudsætning for Vinge. Vinge kan således fungere som en case på effekterne af en 5-10 minutters el-tariff.

Konsekvenserne af at indføre en 5-10 minutters el-tariff vil i første omgang være, at der opnås en større opløselighed i forbrugsafregningen. Hvorvidt det vil have en forbrugsreducerende effekt er tænkeligt, men afhænger i høj grad af forbrugernes vilje til at interagere med el-nettet. I den forbindelse kan det tænkes, at indbyggerne i Vinge vil være mere interesserede i deres energiforbrug end den gennemsnitlige forbruger.

En ulempe ved en højere opløselighed i prissignalet kunne være øget slid, grundet et større antal tænd/sluk operationer, og dermed en kortere teknisk levetid for visse komponenter. Her tænkes eksempelvis på kompressordelen i varmepumper, effektelektronik i opladere til elbiler m.m.

12.3.4 Lav-energihuse

I bestræbelserne for at nå bygningsklasse 2015 og 2020 vil fleksibiliteten for energisystemet som helhed blive mindre. Dette grundet at energiforbrugene bliver mindre, men også fordi de tiltag der formindsker energiforbruget, sænker fleksibiliteten i det samlede system. Disse tiltag er bl.a. sænkning af energiforbruget om natten i form af f.eks. reduktion af ventilation, kontinuert kørende systemer frem for anlæg der blot kører periodevis, etc.

Erfaringer fra 0 energihusene Energy Flex House ved Teknologisk Institut har vist at når energiforbruget for lavenergihuset er minimeret, vil energiforbruget være mindre end hvis huset er koblet op på et Smart Grid. Dette er grundet at energi f.eks. skal lagres i husene ved opkobling til Smart Grid, og ved lagring er der altid et tab.

Såfremt et hus er koblet til et Smart Grid, vil huset ikke altid styres med henblik på energimæssig optimering af huset, men en overordnet elforsyningsmæssig optimering. For det enkelte hus vil opkoblingen på Smart Grid (formentlig) resultere i en driftsmæssig privatøkonomisk optimering.

Såfremt huset er koblet op til et Smart Grid kan det betyde at en vis overkapacitet er nødvendig, for at kunne imødekomme de effekt-peaks der kan opstå. Dette kan øge investeringen i systemet.

Set for enkelthuset vil energiforbruget ved integration af Smart Grid måske stige, men for det overordnede system kan energiforbruget i nogle tilfælde falde. Dette er fordi det da er muligt at

benytte den på huset producerede energi hvor der er behov for denne. Hvorvidt det samlede energiforbrug for systemet vil stige eller falde er dog svært sige noget om.

Som tidligere nævnt vil integrationen af Smart Grid muliggøre en lettere integration af VE i energisystemet. Muligheden foreligger at det slet ikke er muligt at integrere VE uden et Smart Grid.

12.3.5 Regulering

Der kan være tale om både direkte og indirekte reguleringsmuligheder i forhold til Smart Grid.

Indirekte regulering: Der udsendes fra centralt sted et prissignal. Hvert hus og heri de enkelte apparater vil da foretage en indregulering. Der udsendes ikke et responssignal til centralt sted.

Direkte regulering: Huset kommunikerer da direkte med centralt sted om f.eks. kapacitet til rådighed hvad angår produktion og regulering. Ved denne form for regulering vil en højere grad af regulering være mulig ved f.eks. drift af varmepumper og el-biler.

Den direkte regulering kan resultere i meget store dataoverførsler imellem huse og centralt sted. Størrelsen af datastrømmen afhænger selvfølgelig af detaljegraden for kommunikationen imellem centralt sted og det enkelte hus, men denne bliver hurtigt meget stor. Dette kan resultere i en overbelastning af kommunikationsnetværk og store udgifter til central beregnings- og datahåndteringskraft.

Som det ser ud nu, er prisen for styringsenhederne for integrationen af Smart Grid på et gensidigt kommunikationsplan (direkte regulering) høj. Dette vil være en stor barriere der kan resultere i at en integration i private hjem, på et gennemgribende plan, formentlig ikke ligger først for.

På kommunikationsplan mellem med den individuelle og et centralt sted, kan det formentlig derfor være mest fornuftig, at bygningen blot får et inputsignal fra centralt sted som bygningen reagerer ud fra og ikke sender et signal tilbage til et centralt sted.

En direkte regulering kan for de individuelle huse blive for dyr. Dog kan denne tænkes ind for en semi-decentral løsning, hvor en klynge af huse kan være koblet op på et Smart Grid. Husenes fælles energiproduktion og lagring heraf kan da veksle med de omkringliggende klynger eller et større centralt system. Styring forenkles da betragteligt og prisen sænkes.

12.3.6 Lastudjævning

Smart Grid behøver ikke kun imødekomme et produktionsmæssigt problem i form af VE produktionen. Smart Grid kan også benyttes til at lempe kapacitetsmæssige problemer i el-nettet. Dette vil dog ikke være et problem for Vinge hvor el-kablerne blot skal have større dimensioner.

Såfremt decentrale bygninger i Vinge er koblet op til et Smart Grid, kan bygningerne være med til at lastudjævne energibehovet i Vinge. Tilsvarende kan Vinge som helhed være med til at lastudjævne el-nettet omkring Vinge f.eks. ved at levere til erhvervsområdet om dagen når der er behov for denne. Vinge kan altså ”plane” det daglige energibehov for Vinge og lokalområdet.

13. FORSLAG TIL BÆREDYGTIG TRANSPORT-INFRASTRUKTUR

13.1 Forudsætninger

13.1.1 Helhedsplanen

Vinge planlægges at kunne rumme op til 4.200 boliger, med 9-10.000 indbyggere og 4.000-6.500 arbejdspladser ved fuld udbygning. Alle nye boliger planlægges som tæt-lav eller etageboliger. Kun eksisterende bebyggelse rummer egentlige parcelhuse.

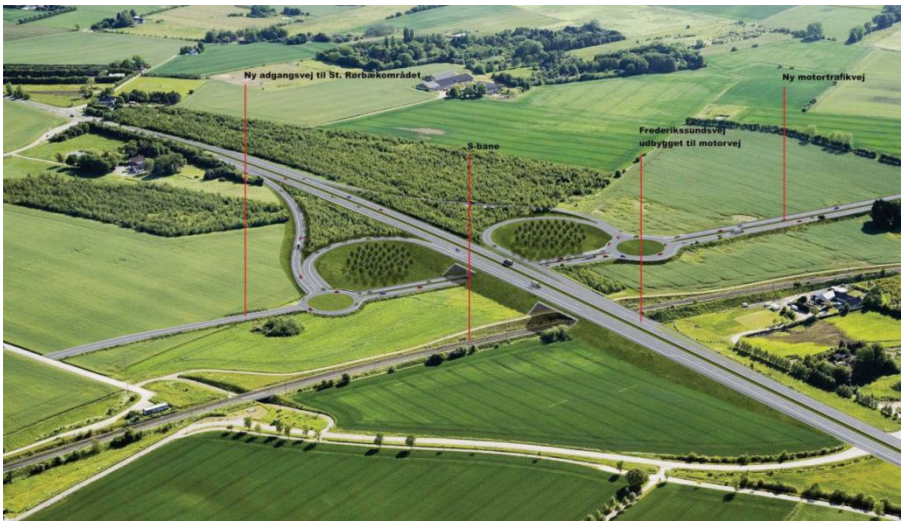
Byen udvikles omkring den fremtidige Vinge station på S-togslinjen mellem Frederikssund og Ølstykke, og forbindes med den kommende Frederikssundsmotorvej og en ny fjordforbindelse. Stationen ventes etableret i 2017 og motorvejen i 2018.

Fra en ny station i Vinge vil man indenfor 30-45 minutters kollektiv transport kunne nå til København med S-tog eller til Roskilde og Hillerød ved skift til Bus 600S i Ølstykke.

I forbindelse med Frederikssundsmotorvejen planlægges der etableret forbindelsesanlæg ved St. Rørbæk og Ågade ved Frederikssund. I det åbne land etableres så vidt muligt samkørselspladser, "Parkér og Kør", ved alle tilslutningsanlæg.

Figur 13-1. Den nye S-togs station ved Vinge.

Ved tilslutningsanlægget ved St. Rørbæk foreslås etableret et "Parkér og Rejs" anlæg i forbindelse med etablering af en ny S-station øst for motorvejen. Dette vil være til gavn for pendlere fra den sydlige del af Frederikssund samt pendlere fra Hornsherred, der vil kunne få nem adgang til stationen via en ny fjordforbindelse.



Figur 13-2. Forslag S1, tilslutning til Frederikssundsmotorvejen. Kilde: Vejdirektoratet.

Den centrale del af Vinge omkring stationen skal tilbyde attraktivt byliv, dagligvarehandel og fritidsaktiviteter. Samtidig skal stationen være en del af "det grønne hjerte" som forbinder de to områder nord og syd for banen.

I bymidten er der mulighed for at etablere erhverv som kræver en placering i stationsnære områder, f.eks. kontorerhverv. Byfunktionerne i bymidten vil være typer, som kan klare konkurrencen fra det nærliggende regionale center i Frederikssund bymidte, men det største detailhandelsudbud vil fortsat være i Frederikssund bymidte.

I takt med udbygningen af Vinge, vil der blive etableret institutioner og skole i og omkring bymidten. Skolen ventes etableret efter 2020. Fritidsaktiviteter og ungdomsuddannelser vil fortsat findes i Frederikssund. Dette stiller særlige krav til transportmulighederne for børn og unge.

Den nordligste del af Vinge er udlagt til erhvervsområde. Erhvervsområdet profileres som en del af "Copenhagen Cleantech Cluster", der er en fælles strategi for miljøteknologiske virksomheder i hovedstadsområdet. Der forventes således primært etableret cleantech og videntunge virksomheder, som beskæftiger arbejdskraft med både lang og kort uddannelse. Der er mulighed for at placere virksomheder med særlige behov for nærhed til motorvejen i den vestlige del af erhvervsområdet.

Vinge skal være et forgangseksempel for bæredygtig byudvikling, og bæredygtighed skal indgå som et grundprincip i byens udformning og byggeri. Der er opstillet en overordnet målsætning om, at bydelen skal være CO_2-neutral ift. energiforsyning og transport, ud fra en nettobetragtning, hvorimod dette ikke er gældende for erhvervsparken.

Analysen retter sig derfor primært mod persontransport til, fra og i boligområderne. I forbindelse med opgørelse af CO_2-emissioner fra transporten tages udgangspunkt i transportarbejdet udført af Vinges borgere.

13.1.2 Fremtidens pendler i Vinge?[16]

Med ambitionerne om at Vinge skal være et foregangseksempel for bæredygtighed og rumme videnstunge miljøteknologiske virksomheder i erhvervsparken, kan man forestille sig at den nye by også vil tiltrække beboere og medarbejdere til de nye arbejdspladser, som måske er mere miljøbevidste end gennemsnittet.

Sammen med adgang til flere forskellige transportmuligheder og de teknologiske muligheder for at arbejde på rejsen og hjemmefra, kan Vinge give god basis for en ny måde at anskue og bruge transport i fremtiden – og for fremtidens pendler: Mobilisten.

Figur 13-3. Mobilisten, der er skabt af Formel M, er en vision om det moderne menneske, der transporterer sig smart og miljøvenligt. Illustration: Rasmus Sand Høyer for JP.

En mobilist er ikke bare knyttet til ét sted og ser ikke stedet som en begrænsning. Arbejde kan løses fra hjemmet eller i S-toget, og møderne kan holdes hvorsomhelst via bærbar eller smartphone. Mobilisten er fleksibel i sine transportvalg: Kører til arbejde med kolleger den ene dag, cykler den næste og tager bussen den tredje. Mobilisten lader sig ikke begrænse af afgangstider eller myldretider. Ved hjælp af tidens informationstjenester og -udstyr holder mobilisten sig altid opdateret om transportmuligheder og vælger sin rejse undervejs. For mobilisten er rejsetiden kvalitetstid og ikke bare spildtid. Hvert minut har flere formål: Mens mobilisten transporterer sig fra A til B ordnes netbanken, mails til vennerne eller et par arbejdsmails. Eller også bruges rejsen

[16] Kilde: Formel M.

til afslapning. Mobilisten skåner klimaet og styrker sit helbred gennem mere bevægelse og mindre CO_2-udslip i hverdagen.

13.1.3 Energiforbrug til transport[17]

Energiforbruget til transport er siden 1990 vokset med 23,8 % og udgør nu den største andel af det samlede energiforbrug i Danmark. Af det samlede energiforbrug til transport i 2011 udgjorde forbruget til persontransport 69,8 % og 67,4 % af dette blev anvendt til bilkørsel.

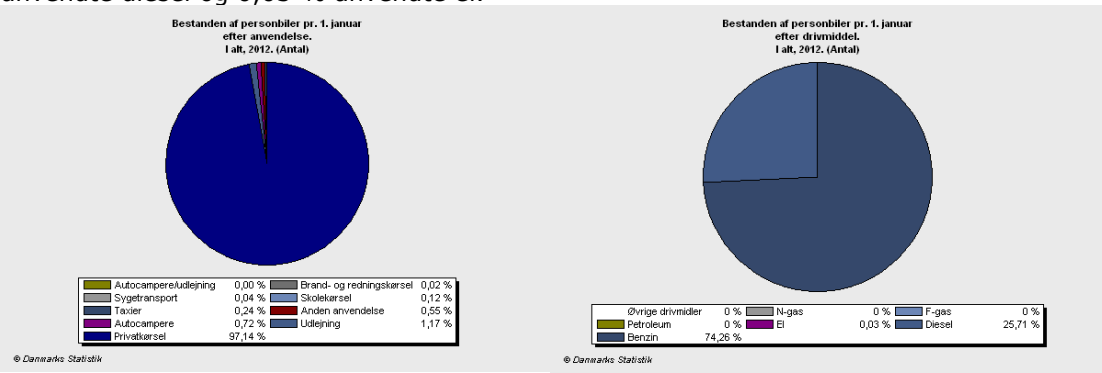
Energiforbruget til vejtransport er den klart største bidragsyder til det samlede energi-forbrug til transport. Andelen har været næsten uændret fra 1990 til 2011. I 2011 var vejtransportens andel 76,0 %. Ifølge Energistyrelsen ventes energiforbruget til vejtransport samlet set at stige med ca. 0,6 % om året i perioden 2012-2020.

På den anden side er der en tendens i samfundet til, at bilparken udskiftes til mindre og mere brændstoføkonomiske biler og at nyere biler er mere energieffektive end ældre biler. Energistyrelsen forudsætter i sin fremskrivning en forbedring i nyregistrerede bilers effektivitet på 0,4 % frem til 2015, hvorefter effektivitetsforbedringen reduceres til 0,2 %. Dette vurderes at være et relativt konservativt skøn, som dels skyldes at potentialet for energieffektivisering er reduceret, dels at en økonomisk "normalisering" efter krisen kan trække i retning af, at forbrugerne igen køber lidt større om mindre energieffektive biler.

Efterhånden som nye relativt energieffektive biler erstatter ældre biler med relativt ringe energieffektivitet forventes bilparkens energieffektivitet øget med gennemsnitligt 2 % om året frem til 2020 og gennemsnitligt 1 % om året fra 2020-2030.
Effekten af en EU forordning for varebiler, vedr. grænser for CO_2-udledning, ventes at give en reduktion i CO_2-udledningen fra den samlede bestand af varebiler i Danmark på 1,4 % i 2020 og stigende til 4,1 % i 2030.

Der er betydelig usikkerhed på såvel udviklingen i trafikarbejdet som den ventede udvikling i energieffektivitet. Samlet set kan det stigende trafikarbejde ventes at udligne effekten af den mere energieffektive bilpark, hvorfor energiforbruget i 2030 alt andet lige ventes at være stort set status quo.

Ifølge Danmarks statistik anvendtes over 97 % af bestanden af personbiler i 2012 til privat kørsel. Pr 1. januar 2012 anvendte 74,26 % af personbilbestanden benzin som drivmiddel, 25,71 % anvendte diesel og 0,03 % anvendte el.[18]



Figur 13-4. Bestanden af personbiler efter anvendelses og drivmiddel. Kilde: Danmarks Statistik 2012.

[17] Kilde: Energistyrelsen, Energistatistik 2011

[18] Kilde: Danmarks Statistik 2012

13.2 Transportbehov i Vinge

13.2.1 Beboere

Transportvaneundersøgelsen (TU) er en interview-undersøgelse, hvis formål er at undersøge den danske befolknings trafikale adfærd. Undersøgelsen søger svar på hvor meget, hvordan, hvor, hvornår og hvorfor der rejses, med udgangspunkt i den foregående dags rejser.

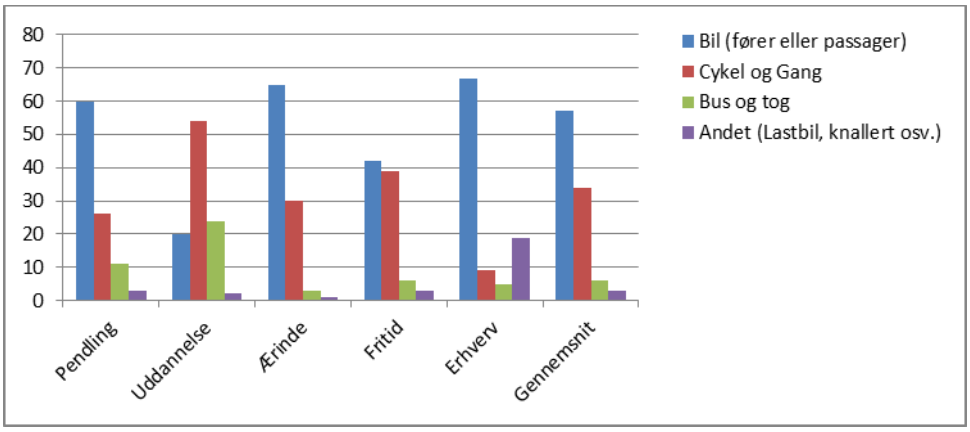
Hvert år gennemføres ca. 17.500 interviews på landsplan med personer i aldersgruppen 10-84 år. Svarene registreres i forhold til respondentens bopæl.

Ifølge TU-data[19] foretager en gennemsnitsdansker 2,95 ture hver dag fordelt som følger:

Turformål	Antal ture	%	Kilometer	%
Pendling	0,55	19	9,56	24
Uddannelse	0,20	7	1,81	5
Ærinde	1,04	35	7,49	19
Fritid	1,05	36	16,46	41
Erhverv	0,11	4	4,69	12
I alt	**2,95**	**100**	**40,01**	**100**

Tabel 13-1. TU-data.

Når antallet af ture til pendling og uddannelse er relativt lavt skyldes det dels, at det gennemsnitlige antal ture er set over alle årets dage dels, at respondentgruppen også omfatter børn og ældre. Turenes procentvise fordeling på transportmidler er følgende:



Figur 13-5. Turformålenes procentvise fordeling på transportmidler.

Ture i forbindelse med erhvervskørsel foregår for næsten 90 % vedkommende med bil og andre køretøjer. Til gengæld udgør erhvervskørsel både turantalsmæssigt og kilometermæssigt kun en lille del af den samlede daglige transport.

Ture i forbindelse med uddannelse udgør kun en mindre del af de daglige ture og foregår for næsten 80 % vedkommende med bæredygtig transport som gang, cykel, bus og tog.

Til gengæld er der, som det fremgår herover, mange bilture i forbindelse med pendling og ærinder samt i forbindelse med erhverv. Fritidsture har en lidt mindre andel bilture, men udgør til gengæld både en stor andel af de daglige ture med andre transportmidler og af de kørte kilometer.

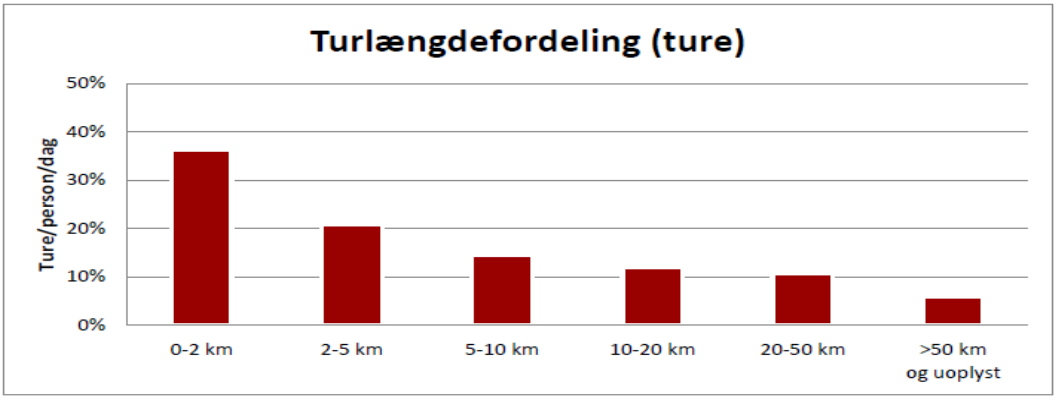
På baggrund af TU-data vurderes det, at der i forhold til persontransport især kan sættes fokus på transport i forbindelse med pendling samt på ture i forbindelse med fritid og ærinder, som til-

[19] Kilde: TU rapport for hele Danmark, dataperiode 2011

sammen udgør over 85 % af alle ture og som for fritids- og ærindeturenes vedkommende ofte foregår i nærområdet.

Ved en temperatur på 20 grader Celsius bruger en kold motor på den første km ca. 70 % mere brændstof end en tilsvarende varm motor, og 20 % mere efter 5 km kørsel. Derfor er det vigtigt at især de korte ture overflyttes til andre transportmidler. Ifølge TU[20] er over halvdelen af alle ture under 5 km. Godt 1/3 af turene er under 2 km. Der bør således være et stort potentiale for at overflytte disse ture til gang eller cykel.

Fremme af gang og cykel som transportmiddel øger desuden mobiliteten for især børn og ældre og fremmer sundheden.



Figur 13-6. Procentvis fordeling af turlængde.

13.2.2 Persontransport til arbejdspladser[21]

Med 30-45 minutters transport med bil eller tog til og fra København ligger Vinge indenfor den typiske pendlingsafstand i hovedstadsområdet.

Undersøgelser viser, at den gennemsnitlige daglige bolig-arbejdssteds-rejse til større kontorvirksomheder i hovedstadsområdet er ca. 20 km hver vej, dvs. i alt 40 km dagligt. Rejseafstanden er lidt mindre, hvis virksomheden ligger i centralkommunerne, og noget større, hvis virksomheden ligger perifert.

Ethvert større kontorbyggeri medfører således et betydeligt transportarbejde. Lokaliseringen har imidlertid stor betydning for de ansattes transportmiddelvalg.

Analyser foretaget i Hovedstadsområdet viser at 75-80 % af medarbejderne på ikke stationsnære kontorarbejdspladser anvende bil på turen til arbejde. På stationsnære kontorarbejdspladser er andelen kun 40-60 %.

For hver kontorarbejdsplads, der placeres stationsnært spares omkring 10 km daglig bilkørsel. Det vurderes således at 20-30 % af de ansatte, der ville bruge bil til arbejde ved en ikke stationsnær lokalisering, i stedet vælger at benytte kollektiv transport, når arbejdspladsen ligger stationsnært.

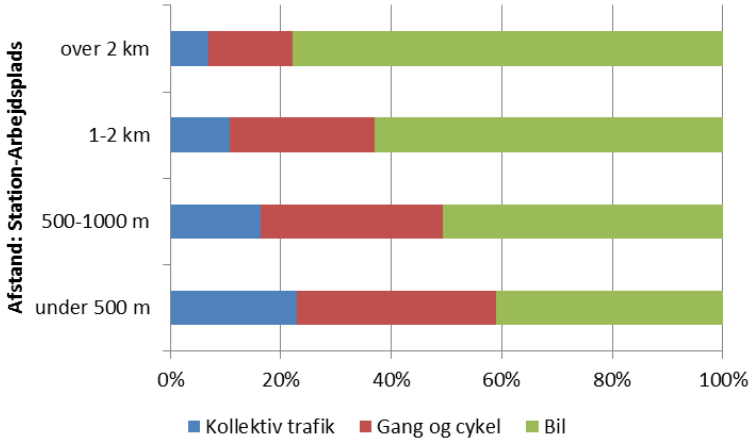
Stationsnærhed har således afgørende betydning for anvendelsen af kollektiv transport. Figuren herunder viser fordelingen af pendlerrejser til hovedstadsområdet med kollektiv trafik og bil sammenholdt med afstanden mellem station og arbejdsplads. Kollektivandelen ses at falde med voksende afstand til stationen, mens bilandelen tilsvarende vokser.

---

[20] Kilde: TU 2011

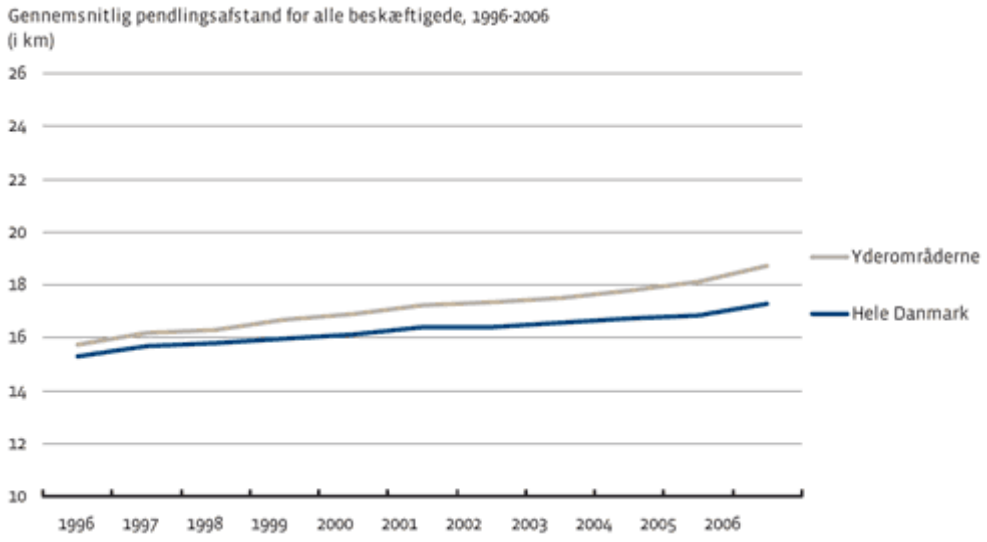
[21] Kilde: Stationsnærhedspolitikken i hovedstadsområdet – baggrund og effekter, Peter Hartoft-Nielsen, Miljøministeriet 2002

For arbejdspladser i Hovedstadsområdet, der ligger under 500 meter fra en station, ligger kollektiv andelen ifølge TU på 20-25 % mens bil andelen ligger på lidt over 60 %. For arbejdspladser der ligger mellem 500 og 1.000 meter fra en station er kollektivandelen 15-20 % og bil andelen lidt over 70 %.



Figur 13-7. Afstand fra station til arbejdsplads i hovedstadsområdet (andel af ture), TU data 2006-2012.

Den gennemsnitlige pendlingsafstand har været stigende gennem de seneste mange år. En tese er, at vi er villige til at bruge 2x30 minutter på transport hver dag og at bedre og hurtigere transporttilbud derfor blot får os til at rejse længere.



Figur 13-8. Kilde: Social og Integrationsministeriet, Regionalpolitisk redegørelse 2009.

En ny station i Vinge og etablering af Frederikssundsmotorvejen vil forbedre transporttiden til og fra Københavnsområdet. Herudover vil eventuelle kommende infrastruktur-forbedringer på tværs af fingrene kunne give adgang til en større det af hovedstadsområdet end i dag indenfor 30 minutter, hvilket kan medføre at flere vælger at pendle længere.

Efterhånden som Vinge udbygges med både boliger og arbejdspladser, må der forventes et vist overlap mellem transport i forbindelse med indpendling og beboernes pendling til arbejdspladser i Vinge.

13.2.3 Øvrig transport

Øvrig transport i Vinge omfatter bl.a. renovation, postomdeling, varetransport til butikker og private samt kommunal service som hjemmehjælp, sygetransport osv. Denne transport er ikke behandlet nærmere i denne rapport, men bør kortlægges og analyseres i forbindelse med den videre planlægning af Vinge.

Hvad angår kommunale kørsler kan der både være mulighed for at effektivisere kørslerne og omlægge til alternative drivmidler. For så vidt angår renovationskørsel, afhænger transportbehovet af, hvilke løsninger der i øvrigt vælges for renovation i området.

13.3 Overordnede mål for transportens energiforbrug

13.3.1 EU[22]

Det overordnede mål i EU er, at 20 % af energibehovet skal dækkes af vedvarende energi i 2020. For transportsektoren er målet, at 10 % af energibehovet skal dækkes af vedvarende energi.

I forhold til målsætningen for transportsektoren er EU-direktivet udformet således, at biobrændstoffer, der produceres på basis af affald og restprodukter m.v., dvs 2. generations biobrændstoffer, tæller dobbelt.

Elbiler, der kører på strøm produceret fra vedvarende energi, kan også være med til at opfylde kravet om 10 % VE i transportsektoren i 2020, og VE-strøm, der anvendes til opladning af elbiler, tæller 2,5 gange i opgørelsen af VE i transportsektoren.

13.3.2 Nationale mål

Regeringens mål er at Danmark skal være fri for fossile energikilder i 2050.

Den seneste transportaftale har et mål om at transportsektoren på længere sigt skal gennemgå en radikal omstilling fra fossile brændsler til f.eks. el og biomasse. Aftalen omfatter bl.a. udarbejdelse af en strategi for energieffektive køretøjer, støtte til ladestandere til elbiler og infrastruktur til brint samt gas i tung transport og et mål om iblanding af 10 % biobrændsler i 2020.

13.3.3 Hovedstadsregionen[23]

MÅL FOR KLIMAVENLIG TRANSPORT 2025

1. Hovedstadsregionen er foregangsregion for udvikling af klimavenlig transport med fokus på elbiler, cyklisme og kollektiv transport.
2. Hovedstadsregionen er testområde for en sammenhængende opbygning af et marked for elbiler og tiltrækker derved investeringer og skaber nye, blivende jobs.
3. Kommuner og region har indført flådestyring af egen vognpark og udskiftet egne bilparker til persontransport med elbiler eller andre klima- og miljøvenlige køretøjer. Dette er sket i forbindelse med at der alligevel skal indkøbes nye biler eller via en omstilling af eksisterende biler til eldrift.
4. Busser i hovedstadsregionen er baseret på grønne drivmidler.
5. Mobilitetsplanlægning sikrer et markant styrket samspil mellem trafikformer til gavn for den kollektive trafik og cyklisme.

13.4 Mål for transporten i Vinge 2060

13.4.1 Beboernes transport

I større nye byudviklingsområder som Nordhavn i København og Brunnshög i Lund er målet at persontransporten til/fra og i området skal fordele sig med mindst 2/3 gang-, cykel- og kollektiv trafik og højst en 1/3 biltrafik. Nogenlunde svarende til transportmiddelfordelingen i København i dag.

Eftersom Vinge bygges op omkring en station kunne et scenarie være at stræbe efter samme mål for dette byudviklingsområde efter anlæg af Vinge station. Sammenholdt med at ca. 1/3 af alle ture ifølge TU er under 2 km, foreslås følgende mål for persontransporten i Vinge:

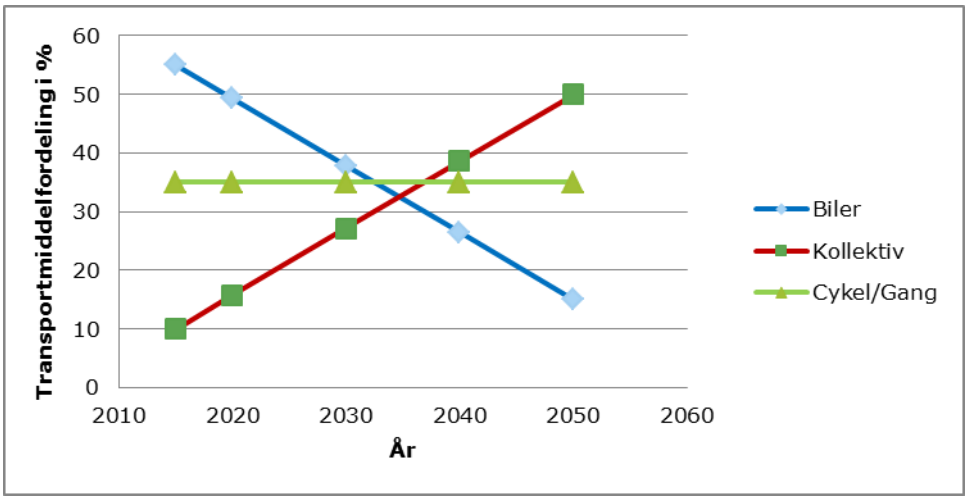
---

[22] Kilde: www.trafikstyrelsen.dk

[23] Kilde: Den regionale udviklingsplan, www.regionh.dk

- Beboernes transport skal fordele sig med mindst 1/3 gang- og cykeltrafik, mindst 1/3 kollektiv trafik og højst en 1/3 biltrafik.

Et andet scenarie er skitseret i Realdanias "2050 – Der bli´r et yndigt land", hvor 50% af persontransporten sker med kollektiv transport. Hvis andelen af gang- og cykel antages at være uændret, vil det medføre en udvikling som følger:



Figur 13-9. Real Danias scenarie med fordeling af persontransport.

I dette tilfælde nås målet om en ligelig fordeling mellem de tre transportgrupper ca. i 2030. Begge målbilleder er ambitiøse og i begge tilfælde forudsættes en kraftig reduktion i biltrafikken, som især skal erstattes med mere kollektiv transport.

I de efterfølgende beregninger af transportarbejdet i Vinge er der anvendt en ligelig fordeling mellem transportmidlerne, idet en endnu større andel af kollektiv transport vurderes at kræve såvel et kollektivt transportudbud som et trængselsniveau for biltrafikken svarende til det, der findes i deciderede storbyområder.

13.4.2 Transport til og fra arbejdspladser

I Vinge vil en stor del af arbejdspladserne ligge stationsnært, dvs. indenfor en afstand af 500 meter til stationen, og resten vil ligge indenfor en afstand af max. 2 km fra stationen, dvs. indenfor cykelafstand. Der foreslås derfor følgende mål for transport til arbejdspladserne i Vinge:

- Pendling til arbejdspladserne, der alle ligger indenfor gang og cykelafstand af stationen, bør ske med højst 50 % biltrafik og resten fordelt med 30 % gang- og cykeltrafik og 20 % kollektiv transport.

Desuden foreslås følgende mål for den øvrige transport i området:

- Vare- og godstransport til virksomheder, butikker og private samordnes og effektiviseres og der stilles miljøkrav til de køretøjer, der kører ind i Vinge.
- Al biltrafik udføres med køretøjer der anvender vedvarende energikilder.
- Kollektiv transport og andre offentligt styrede transporter udføres udelukkende med køretøjer, der anvender vedvarende energikilder.

13.5 Strategi og indsatsområder

I princippet er der 3 mulige håndtag af "dreje" på når det handler om at reducere energiforbrug og CO_2-udledning fra transport:

Figur 13-10. De 3 håndtag ifm. reduktion af energiforbrug og CO_2-udledning ved

Grundlaget for at **undgå** eller reducere CO_2 udledningen fra byudvikling og transport er at tænke i forbedret tilgængelighed, således at nærheden mellem boliger, service, arbejdspladser og fritidstilbud fremmes.

Med bedre tilgængelighed kan behovet for transport reduceres. Integrerede bolig- og erhvervsområder tæt på kollektive knudepunkter gør det muligt at bo og arbejde i samme område og opbygge en mere effektiv infrastruktur.

Den nødvendige transport bør så vidt muligt **omlægges** til mere miljø- og energivenlige transportformer, som f.eks. kollektiv transport og cykeltrafik. Det kræver en markant satsning på såvel kollektiv trafik som cykeltrafik, og en opprioritering af disse transportformer frem for biltrafikken.

Løsninger kan især rettes mod pendlertrafikken, som typisk tegner sig for 30-40 % af trafikarbejdet og er dimensionerende for infrastrukturen.

Pendlertrafik i byerne kan med fordel overflyttes til fodgængertrafik på de korte afstande og til cykeltrafik og kombinationsrejser mellem cykel, bil og kollektiv trafik på længere afstande.

En by- og transportplanlægning der sigter mod overflytning af pendlertrafikken til mere energivenlige løsninger, vil også komme transport i fritiden til gode, hvor rejserne så vidt muligt også bør overflyttes til andre transportmidler.

Forbedringer af den kollektive trafik og cykeltrafikken alene vil erfaringsmæssigt ikke være tilstrækkeligt til at flytte bilister fra vejene, hvis der ikke samtidig indføres restriktioner for biltrafikken. Hvis det lykkes at flytte bilister fra vejene til kollektiv trafik og cykeltrafik, vil det til gengæld også have en gavnlig indvirkning på trængslen på vejnettet, og dermed reducere behovet for vejudlæg, samt på trafiksikkerhed og miljø.

Endelig kan transport udføres mere **effektivt** ved bedre udnyttelse af køretøjer, f.eks. delebiler og samkørsel, med alternative brændstoffer, ved at sikre fremkommelighed bl.a. ved hjælp af ITS (Intelligente Trafik Systemer) samt ved intelligent brug af energikilder, f.eks. smart grids.

CO_2-indsatsen i forhold til transport omfatte en kombination af mange forskellige tiltag, der bør indarbejdes allerede i helhedsplanen, så behovet for transport minimeres mest muligt. Herefter bør de klimavenlige transportmidler opprioriteres som grundlag for at kunne reducere biltrafikken. Og endelig kan man se på mulighederne for at "forbedre" den biltrafik, der er tilbage, så den er mere effektiv.

13.6 Forslag til virkemidler

En påvirkning af transportområdets CO_2 emission vil kun være effektiv, hvis der arbejdes med mange parallelle initiativer der understøtter hinanden og, hvor brugerne kan se en sammenhæng.

For at nå de ovenstående mål, foreslås det derfor, at der udarbejdes en samlet mobilitetsplan for Vinge, der omfatter en bred vifte af virkemidler indenfor både fysiske tiltag, planlægning, regulering og kommunikation. Dette kræver et tæt samarbejde mellem kommunen, erhvervslivet, transportudbydere og de kommende beboere i Vinge.

En række af de foreslåede virkemidler har ikke i sig selv nogen reel CO_2 reducerende effekt, men kan medføre en adfærdsmæssig påvirkning og en påvirkning af forståelsen for CO_2 problematikken og de klimatiske forhold, mens andre initiativer er direkte effektive – men kun hvis brugerne motiveres til at anvende dem. Et eksempel er buskørsel, hvor flere busser i sig selv ikke giver nogen væsentlig ændring i brugernes valg af transportmiddel – med mindre det kobles med restriktioner for biltrafikken, adfærds-påvirkende initiativer, bedre betalingsmuligheder, bedre cykelparkeringsmuligheder osv.

Beslutninger om byplanlægningen og anlæg af de fysiske faciliteter til infrastruktur er vigtige langsigtede virkemidler, der lægger grunden for at udvikle en mere bæredygtig transportadfærd i Vinge. Kommunen har myndighed til at planlægge og indrette nye byområder og infrastruktur, så rammer og muligheder for en mere bæredygtig transport er til stede fra starten.

Regulering er et mere fleksibelt virkemiddel, som kan anvendes efter behov og som for de fleste virkemidlers vedkommende har en umiddelbar effekt. Kommunikation og samarbejde er primært et adfærdspåvirkende virkemidler, som kræver et langt sejt træk og hvis effekt først kan ventes på langt sigt.

De efterfølgende forslag til virkemidler kan i forbindelse med en mobilitetsplan sammensættes til pakker tilpasset den konkrete udbygning af Vinge:

Planlægning

- Tilgængelighed for alle – og nærhed - bør være det ledende princip i udviklingen af nye byer, hvor gode kollektive transportmuligheder samt cykel- og gangtrafik tilgodeses frem for biltrafik.
- Sammentænke byplanlægning og transportplanlægning, f.eks. via fokus på p-politik, stationsnærhed og cykelstier.
- Byfortætning og transportreducerende planlægning, som sikrer korte afstande mellem trafikale mål og derved medbirker til at øge anvendelse af cykel/gang og kollektive klimavenlige transportformer.

Adfærd (Mobility Management)

- Gå i dialog med de nye borgere om, hvordan de i højere grad kan benytte bus, tog, gang, cykel, elcykel, elbil, delebil eller privat samkørsel.
- Sikre at nye offentlige og private bygninger har god cykelparkering og ladestik til elcykler.
- Stille krav om transportplaner for virksomhederne
- Oprette lokalt/kommunalt mobilitetskontor - Samarbejde/partnerskab mellem kommunen, Vinge og trafikselskaberne
- Indgå samarbejde med lokale virksomheder i lokale erhvervsområder om mobilitetsplaner, foretage mobilitetsvurdering af planer for de nyudlagte erhvervs- eller boligområder og udarbejde transportplaner for offentlige institutioner og arbejdspladser.
- Involvere de nye borgere i at udarbejde alternative transportløsninger til privat bilkørsel.
- Langsigtet kommunikationsstrategi til privatpersoner og virksomheder – transportinternetportal
- Oprette fælles parkerings- og transportfond

Offentlig transport

- Etablere direkte højklasset kollektiv trafik til og i området fra starten, både til pendling, indkøb, skoler og fritidsaktiviteter.
- Sørge for nem adgang til station og til busstoppesteder af høj kvalitet (superstoppesteder)
- Etablere Shuttlebus i området i myldretiden – når området er udbygget – f.eks. mellem Vinge station og erhvervsparken.

Cykel- og gang

- Indrette byen til gang med korte afstande mellem trafikale mål og ruter der er trygge og interessante.
- Direkte cykelveje, cykelruter osv. inde i området og til/fra Frederikssund og andre nærliggende byer (cykelsuperstier)
- Gode cykelparkeringsfaciliteter, tæt på boliger, indkøb, skoler, institutioner, sportsanlæg og virksomheder samt ved busstop og stationer.
- Målrettet information og kampagner – cykelservice, cykelstikort for Vinge, tydelig vejvisning, pumper ved busstoppesteder og station, mv.
- Indtænke bycykler, lånecykler, pendlercykler, cykelpool, elcykler, cykeltaxi osv. i takt med udbygningen af boliger, virksomheder, butikker, transportselskaber osv.

Biltrafik

- Bilfri bymidte med plads til byliv og aktiviteter.
- Shared Space i øvrige områder – dvs. alle transportmodes er mulige, men på bylivets præmisser.
- Restriktive parkeringsnormer både i boligområder og erhvervsområder, f.eks. ikke automatisk parkeringsret til alle boliger og arbejdspladser, men noget der betales særskilt for.
- Placering og fordeling af parkeringspladserne med fordele for samkørsel og delebiler
- Evt. betalingsparkering/privat p-fond
- Delebilsordninger i boligområder og erhvervsområder, evt. samarbejde mellem trafikselskaber, kommunen, virksomheder og beboere.
- Sikre infrastruktur for alternative drivmidler, herunder elbilsinfrastruktur, der muliggør "plug and play".

Gods-og varetransport

- Kortest mulig adgang til overordnede vejsystemer for tung trafik.
- Lokal gods-, vareterminal, hvorfra varer køres ud med mindre køretøjer.
- Dialog med transportører om ruter og krav til køretøjer.
- Overveje alternative affaldsløsninger der genererer mindre transport

Mange af disse virkemidler kræver et samarbejde mellem kommunen, erhvervsliv, trafikselskaber og private investorer og en bred indsats fra alle parter. Erfaringer fra kommuner, der arbejder målrettet med at nedbringe CO_2-udslip fra transport viser, at det er vigtigt at kommunen går foran, sætter sig ambitiøse mål og fungerer som igangsætter og at en konkret mobilitetsplan er et godt udgangspunkt for dette arbejde.

13.7 Samspil mellem transport og energiforsyning

13.7.1 Metode

I forhold til persontransport giver det ikke mening at arbejde med en geografisk afgrænsning, idet størstedelen af den transport, som de nye boliger og arbejdspladser i Vinge genererer, må forventes at ske udenfor selve området.

I de efterfølgende beregninger af det forventede transportbehov, er det derfor valgt at indregne al transport genereret af de fremtidige beboere og arbejdspladser i Vinge.

Overordnet set anvendes følgende metode til beregning af energibehov og CO_2-udledning fra transport:

Figur 13-11. Metode til beregning af energibehov og CO_2-udledning ved transport.

Der er taget udgangspunkt i et transportbehov, beskrevet ved henholdsvis TU-data og analyser af pendling til kontorarbejdspladser i Hovedstadsområdet. De efterfølgende beregningseksempler fokuserer på den individuelle personbiltransport og tager udgangspunkt i, at de foreslåede målsætninger for fordeling af transportarbejdet opfyldes for hele perioden 2015-2060.

Transportarbejdet med bil, genereret af beboere og arbejdspladser i Vinge, er omregnet til et antal personbiler, ved at anvende oplysninger fra Vejdirektoratet og Danmarks Statistik om transportarbejdet i Danmark, bestanden af personbiler og den gennemsnitlige belægningsgrad i personbilerne (se bilag 4).

For at kunne give en vurdering af CO_2-udledningen fra det beregnede antal personbiler er det nødvendigt at komme med et bud på hvilke drivmidler (el, bioethanol, biogas, brint mv.) disse biler køre på. Det er selvsagt en vanskelig øvelse, da det er svært at forudse udviklingen inden for teknologier, økonomiske rammebetingelser mv. Ikke desto mindre følger neden for et bud på en udvikling baseret på bl.a. nogle af de energipolitiske målsætninger der er udmeldt fra regeringens side.

På denne baggrund er der beregnet et energibehov til personbiltransport fordelt på drivmidler samt estimeret hvor meget vindmølle-kapacitet der skal til for både at dække elforbruget til elbilerne i Vinge og fortrænge CO_2-udledningen fra andre drivmidler.

13.7.2 Forventet transportbehov i Vinge

I det følgende anvendes "Indbyggere" om transport genereret af beboere i Vinge og "Arbejdpladser" om transport genereret af arbejdspladser i Vinge. Desuden anvendes et mål for fordelingen af transportarbejdet med 1/3 gang/cykel, 1/3 kollektiv og 1/3 bil for så vidt angår beboernes transport og 30 % gang/cykel, 20 % kollektiv og 50 % bil for så vidt angår arbejdspladserne i Vinge.

Hvis det antages at de opstillede mål for transportmiddelfordeling er nået i 2060 og at de gennemsnitlige antal rejste kilometer pr. dag svarer til i dag, hvad angår ture pr. person i henhold til TU-data og at der har været en svag stigning i pendlingsafstanden i hovedstadsregionen, vil Vinge ved fuld udbygning i de to scenarier generere følgende persontransportarbejde pr. år:

	Indbyggere	km/dag	km/år (365 dage)	1/3 Bil (km)	1/3 Kollektiv (km)	1/3 Gang/cykel (km)
Hovedscenarie	**10.308**	40	150.496.800	50.165.600	50.165.600	50.165.600
Alternativt scenarie	**8.783**	40	128.231.800	42.743.933	42.743.933	42.743.933
	Arbejds-pladser	**km/dag**	**km/år (220 dage)**	**50% Bil (km)**	**20% Kollektiv (km)**	**30% Gang/cykel (km)**
Hovedscenarie	**3.870**	45	38.313.000	19.156.500	7.662.600	11.493.900
Alternativt scenarie	**6.484**	45	64.191.600	32.095.800	12.838.320	19.257.480
				Bil (km)	**Kollektiv (km)**	**Gang/cykel (km)**
Hovedscenarie	**Total**			**69.322.100**	**57.828.200**	**61.659.500**
Alternativt scenarie	**Total**			**74.839.733**	**55.582.253**	**62.001.413**

Tabel 13-2. Transportarbejde fordelt på transportmiddel ved fuld udbygning i de to scenarier.

Hvis det antages, at de opstillede mål for personbiltrafik opfyldes for hele perioden 2015-2060 vil det give flg. Udvikling i personbiltransportarbejdet genereret af beboere og arbejdspladser i Vinge:

År	**2015**	**2020**	**2030**	**2050**	**2060**
Indbyggere	**1/3 Bil (km)**	**1/3 Bil (km)**	**1/3 Bil (km)**	**1/3 Bil (km)**	**1/3 Bil (km)**
Hovedscenarie	4.161.000	9.820.933	22.206.600	45.712.600	50.165.600
Alternativt scenarie	3.606.200	7.869.400	16.400.667	35.375.800	42.743.933
Arbejdspladser	**50% Bil (km)**	**50% Bil (km)**	**50% Bil (km)**	**50% Bil (km)**	**50% Bil (km)**
Hovedscenarie	1.697.850	4.266.900	9.647.550	17.602.200	19.156.500
Alternativt scenarie	2.311.650	6.331.050	14.691.600	28.630.800	32.095.800
I alt	**Bil (km)**	**Bil (km)**	**Bil (km)**	**Bil (km)**	**Bil (km)**
Hovedscenarie	**5.858.850**	**14.087.833**	**31.854.150**	**63.314.800**	**69.322.100**
Alternativt scenarie	**5.917.850**	**14.200.450**	**31.092.267**	**64.006.600**	**74.839.733**

Tabel 13-3. Udvikling af transport arbejdet fordelt på indbyggere og arbejdspladser i de to scenarier.

Med udgangspunkt i ovenstående vil det estimerede transportarbejde med personbiler, således kunne omregnes til følgende antal personbiler i hvert scenarieår:

	2015	**2020**	**2030**	**2050**	**2.060**
Antal personbiler indbyggere					
Hovedscenarie	182	429	971	1.998	2.193
Alternativt scenarie	158	344	717	1.546	1.868
Antal personbiler arbejdspladser					
Hovedscenarie	74	187	422	769	837
Alternativt scenarie	101	277	642	1.251	1.403
Antal personbiler totalt					
Hovedscenarie	256	616	1.392	2.767	3.030
Alternativt scenarie	259	621	1.359	2.798	3.271

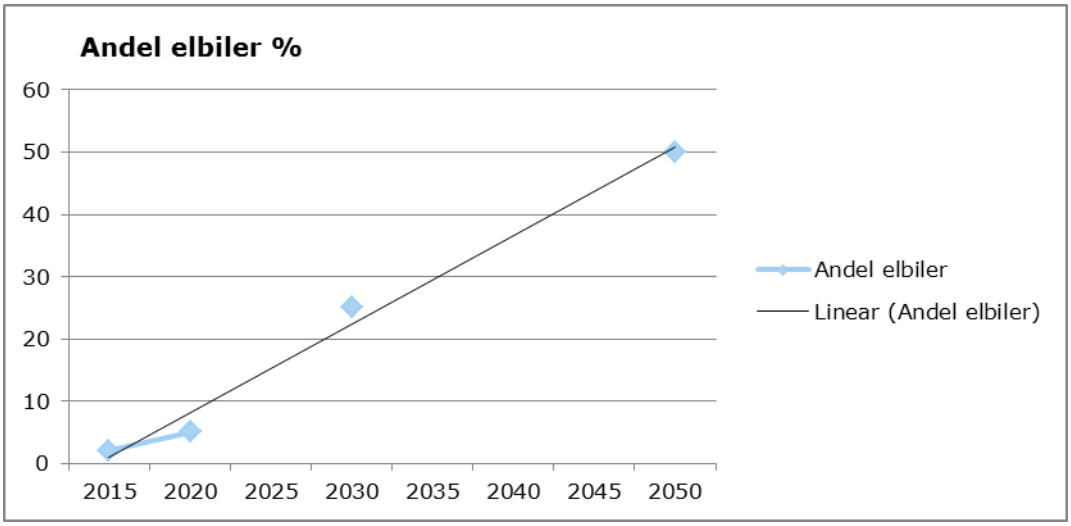
Tabel 13-4. Udvikling af antal personbiler i Vinge, fordelt på indbyggere og arbejdspladser.

13.7.3 Fordeling på drivmidler

Ifølge Danmarks Statistik var andelen af personbiler i hele landet, som drives af el, 0,03% pr. 1. januar 2012.

I den regionale udviklingsplan for Region Hovedstaden har udbredelsen af elbiler høj prioritet. Succeskriteriet i 2015 er 12.000 elbiler i hovedstadsregionen, hvoraf størstedelen er privatejet. I 2012 er der ifølge Danmarks Statistik registreret ca. 589.100 personbiler i Hovedstadsregionen. Hvis vi antager at dette tal er steget til 600.000 i 2015, udgør andelen af elbiler i Hovedstadsregionen i 2015 2 %.

I 2020 skal 10 % af transportsektorens energibehov ifølge EU dækkes af vedvarende energi og i 2050 er det regeringens mål, at Danmark skal være fri for fossile energikilder. Hvis det herudover antages at halvdelen af bestanden af personbiler fortsat drives af konventionelle energikilder i 2030, og at halvdelen af de biler der kører på vedvarende energi kører på el, kan en lineær fremskrivning af elbilernes andel til 2060 se ud som følger:



Figur 13-12. Fremskrivning af elbilers andel af personbiler i Vinge.

Det efterfølgende bud på en fordeling af personbilernes drivmidler afspejler dels denne forventede udvikling dels målsætningen om uafhængighed af fossile brændstoffer i 2050 og et gennembrud for brintteknologien fra 2030.

	Forventet fordeling på drivmidler						
År	**El**	**2. generations bioethanol**	**Biogas**	**Benzin**	**Diesel**	**Brint**	I alt
I dag	0,0%	0,0%	0,0%	74,5%	25,5%	0,0%	100,0%
2015	2,0%	8,0%	0,0%	70,0%	20,0%	0,0%	100,0%
2020	10,0%	10,0%	0,0%	60,0%	20,0%	0,0%	100,0%
2030	20,0%	20,0%	10,0%	25,0%	20,0%	5,0%	100,0%
2050	50,0%	20,0%	10,0%	0,0%	0,0%	20,0%	100,0%
2060	50,0%	10,0%	10,0%	0,0%	0,0%	30,0%	100,0%

Tabel 13-5. Forventet fordeling af drivmidler.

13.7.4 Energibehov og CO_2-udledning

Ved at koble ovenstående drivmiddelfordelinger på det beregnede antal biler i alt, til dækning af personbiltransportarbejdet genereret af både beboere og arbejdspladser i Vinge, fås henholdsvis antal biler, antal km/år og den årlige CO_2-udledning for de 2 scenarier fordelt på drivmidler.

På denne baggrund er det muligt at estimere hvor meget vindmølle-kapacitet der skal til for at dække elforbruget til elbilerne i Vinge samt til at fortrænge CO_2-udledningen fra andre drivmidler.

Der er brugt flg. beregningsforudsætninger:

- En el-bil kører 6-8 km/kWh[24]
- Fuldlasttimer for vindmøller = 2000 timer

Ovenstående giver følgende resultater:

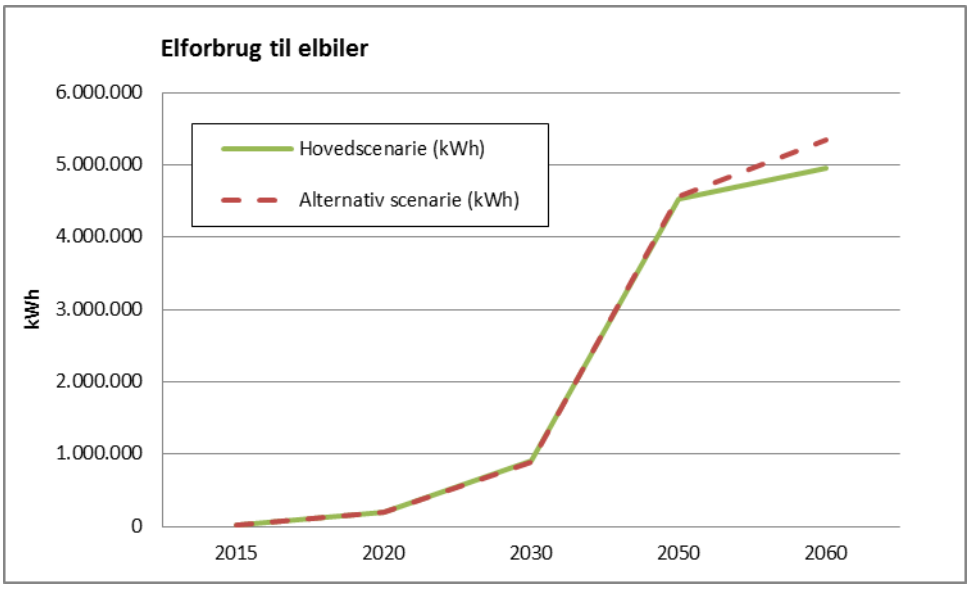
[24] Kilde: BetterPlace

	2015	2020	2030	2050	2060
Elbiler (kWh)					
Hovedscenarie	16.740	201.255	910.119	4.522.486	4.951.579
Alternativt scenarie	16.908	202.864	888.350	4.571.900	5.345.695
Elbiler (MW_{vind})					
Hovedscenarie	0,008	0,101	0,455	2,261	2,476
Alternativt scenarie	0,008	0,1	0,4	2,3	2,7
Off-set af CO_2 fra andre drivmidler (ton CO_2)					
Hovedscenarie	745	1.441	1.853	336	11
Alternativt scenarie	753	1.452	1.809	340	12
Off-set af CO_2 fra andre drivmidler (MWh)	2015	2020	2030	2050	2060
Hovedscenarie	3.079	7.688	12.377	4.571	153
Alternativt scenarie	3.110	7.750	12.081	4.621	165
Off-set af CO_2 fra andre drivmidler (MW_{vind})					
Hovedscenarie	1,5	3,8	6,2	2,3	0,1
Alternativt scenarie	1,6	3,9	6,0	2,3	0,1
Vind kapacitet, i alt (MW_{vind})					
Hovedscenarie	**1,5**	**3,9**	**6,6**	**4,5**	**2,6**
Alternativt scenarie	**1,6**	**4,0**	**6,5**	**4,6**	**2,8**

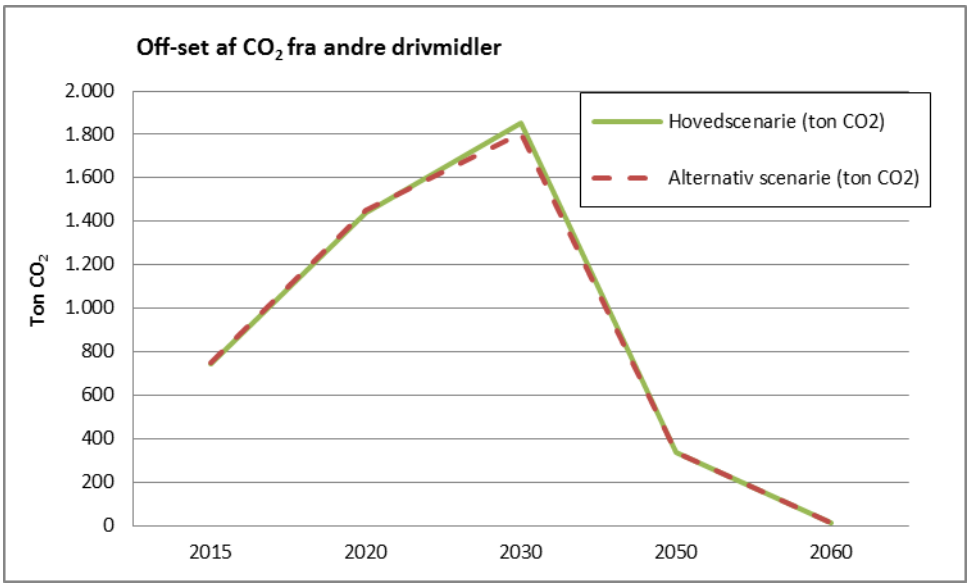
Tabel 13-6. Resultater af transportanalysen for Vinge.

Dvs. at der i 2030 eksempelvis kan suppleres med i alt ca. 7 MW vindmøllekapacitet til opladning af elbiler og for at kompensere for transportsektoren CO_2-udledning.

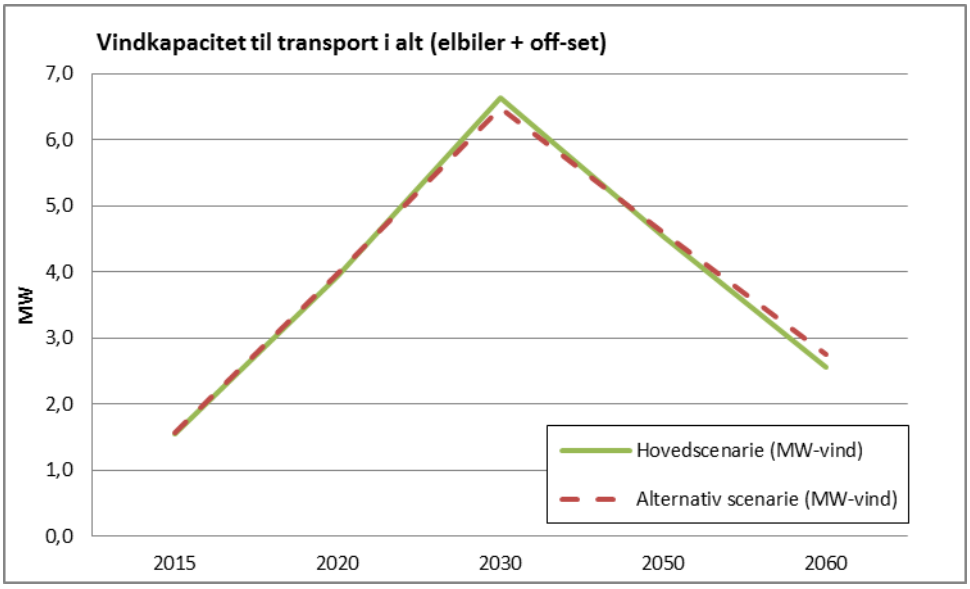
Ovenstående resultater er også illustreret ved nedenstående figurer:



Figur 13-13. Elforbrug til elbiler.



Figur 13-14. Off-set af CO_2 fra andre drivmidler.



Figur 13-15. Vindkapacitet til transport i alt (elbiler + off-set).

14. FORSLAG TIL BÆREDYGTIG VANDFORSYNING OG HÅNDTERING AF REGN- OG SPILDEVAND

14.1 Energieffektiv design af nye tekniske anlæg og distributionssystemer (pumpestationer mv.)

I planlægningsfasen skal der være fokus på helhed i forhold til distributionssystemer. For både spilde-, regn- og drikkevand bør pumpestationer begrænses. For både vandforsyning og spildevandsrensning er det forudsat at disse foretages decentralt. Det vil sige at begge dele vil ligge udenfor Vinge.

Frederikssund Forsyning vil i løbet af 2013 renovere Frederikssund Renseanlæg, så anlægget kan leve op til fremtidige krav. Der er etableret to nye spildevandspumpestationer, der er klargjort til at modtage og videretransportere spildevandet fra Vinge til Frederikssund Renseanlæg. Udformning af pumpestationer til spildevand, hvor det ikke er muligt at gravitere, skal dimensioneres så pumpestationerne er fleksible fx i forhold til driftstid. En mulighed er at pumpestationer, primært er i drift når der fx er overskud af alternativ energi, integreret i smart energy grid nettet (afbrydelig el – se også kapitel 12). Dette kan fx løses ved, at pumpestationer udformes med stor opmagasineringskapacitet.

Figur 14-1. Illustration af pumpestation. Bygningen har grønt tag og klimaskærmen er udført i henhold til bygninger med lavt energiforbrug. Bygningen kan fx kombineres med andre offentlige gøremål.

Maskinudstyr i pumpestationer skal opfylde givende krav til energieffektiv drift eventuelt det man kan beskrive med bedste mulige teknologi (BAT). Fx er flere pumpeproducenter såsom Grundfos og Xylem begyndt at sætte fokus på energieffektive pumper. Det betyder at leverandører er en vigtig del af projekteringsteamet når fx pumpestationer skal dimensioneres.

Generelt skal tekniske anlæg og distributionssystemer styres i et SCADA-system[25]. Det anbefales at der vælges et åbent SCADA-system, fx Ifix eller IGSS, da man kan samle input fra flere leverandører. Et fælles styresystem kan bruges til at sammenkoble styringsstrategier, alt fra vandindvinding til, hvordan renseprocessen på renseanlægget styres i forhold til fx vandforbrug. SCADA-systemet kan samle målinger og vise om der er fejl på pumper, nøgletal (kWh/m^3 eller kWh/PE[26] og etc.), mængder, vejr og lignende.

[25] SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition
[26] PE - Personækvivalenter

14.2 Potentiale for udnyttelse af varmeenergi

14.2.1 Udnyttelse af sekundært grundvand til opvarmning/køling

Et grundvandskøleanlæg leverer køling ved at udnytte grundvandets naturlige temperatur. Et grundvandskøleanlæg fungerer ved, at der oppumpes koldt grundvand, som ledes hen over en varmeveksler, hvorved grundvandet opvarmes. Det nu opvarmede grundvand ledes retur til grundvandsmagasinet.

På sekundærsiden udnyttes kulden til proceskøling, kondensatorkøling, rumafkøling o. lign. I specielle tilfælde kan kulden endvidere bruges til forvarmning af kolde medier. Idet der ved tilbageledning af opvarmet vand til grundvandsmagasinet ophobes varme, skal det sikres, at der ikke sker en negativ miljøpåvirkning og anlægget ikke "ødelægger sig selv" ved opvarmning af "de kolde" boringer. Dette kan ske ved at anlægget producerer køling om sommeren og varme om vinteren.
Anlægget er bæredygtigt, miljøvenligt, CO_2-reducerende og imødekommer dermed kravene til mere miljøvenlig køling.

Med den opnåede besparelse på energiudgifterne afledt af det mindre energiforbrug fås typisk en meget kort tilbagebetalingstid (<5 år) af meromkostningen og dermed en god forrentning af det samlede anlæg. Anlæggene kan endvidere udvides så systemet kan køle i varme perioder og varme i kolde perioder. Dette vil øge investeringen, men give større afskrivningsmuligheder.

Se også bilag 12.

14.2.2 Affaldskværn til biogasproduktion

Det har i længere tid været muligt at anvende madaffald til biogasproduktion. I øjeblikket undersøges muligheder for at placere affaldskværne i private køkkener og anvende spildevandsledninger til transport af kværnet affald til central biogasudvinding på renseanlæg eller biogasanlæg. Flere større forbrændinger i Danmark regner med at teknologien først er klar om 5-10 år og det vil stadig være på forsøgsbasis (se også afsnit 6.5.2).

For Vinge vil det på sigt være en mulighed, hvis der etableres biogasanlæg i nærheden af Vinge.

14.3 Regnvandshåndtering i Vinge

Der er tale om store udfordringer når det drejer sig om regnvandshåndtering i fremtidens byområder. Dette skyldes både de stigende regnmængder forårsaget af klimaændringerne, men også en generel højere befæstelsesgrad[27] end tidligere. Følgevirkningen er, at overfladeafstrømningen forøges og traditionelle kloaksystemer overbelastes. Det gælder derfor om at helhedstænke hvordan Vinge by udformes og afvandes, så det er muligt at skabe robuste og sikre løsninger for fremtiden.

Regnvandet bør understøtte de blå - grønne elementer i byen ved at levere vand til planter, parker, den grønne kile, kanaler, bassiner og søer.

Afløbssystemet bør optimeres således, at ressource - og energiforbrug minimeres i både anlægs - og driftsfase.

Afledningen af spildevand og regnvand skal så vidt muligt følge vandets naturlige veje i terrænet for at minimere ressourceforbrug og energiforbrug til afledning og transport. De naturlige vandveje er de veje i terrænet, som kræver det mindste transportarbejde og hermed den mindste energi. Herved bliver afledningen også økonomisk billigst. Hvor det af andre grunde ikke kan lade sig gøre at aflede i de naturlige vandveje, må der graves dybere, flyttes jord, eller pumpes, hvilket er et ekstra brug af ressourcer.

[27] Befæstelsesgrad – Angiver i hvilken grad et område har overflader, hvor fx regnvand ikke trænger ned i jorden, men ledes i stedet via overfladen til nærmeste kloak eller nedsivningsmulighed. Angives i procent.

Planlægningen af Vinges vej- og stiplan tænkes sammen med afledningsplanen for spildevand og regnvand. Afledningen af spildevand og vand skal således med i begyndelsen af planlægningsprocessen, hvor Vinges bebyggelses- og vejplan udvikles og fastlægges.

Regnvand fra Vinge afledes ved gravitation. Spildevand afledes i videst mulig omfang ved gravitation.

Regnvandet afledes dels til Sillebro Å via nye kunstige søer og naturområderne og dels til Marbæk Renden via kunstige søer/bassiner.

Afledningen følger regnvandets naturlige vej i terrænet. Vandvejene er også veje for vandet under skybrud. Det er vigtigt, at der ikke bygges hen over vandvejene og skybrudsvejene.

De lavtliggende naturområder mod øst kan suppleres med kunstige søer og kanaler, der dels øger værdien af oplevelse og natur og dels sikrer hydraulisk udligning ved skybrud.

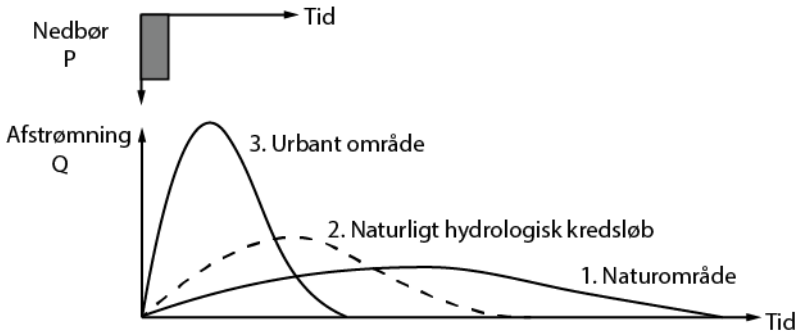
Ved at håndtere regnvand lokalt er det muligt at tilbagerulle effekten af denne urbanisering. Dette gøres ved enten at forsinke regnvand til recipienter, eller ved at nedsive regnvand lokalt. Metoden benævnes enten Lokal Afledning af Regnvand (LAR), Lokal Håndtering af Regnvand (LHR) eller Lokal Udnyttelse af Regnvand (LUR) og i visse sammenhænge som bæredygtig regnvandsafledning.

Figur 14-2 viser afvandingskurven for et urbant område med en høj befæstelsesgrad. Figuren illustrerer at regnvandsledninger, anlæg og opsamlingssteder skal dimensioneres til store spidsbelastninger. Kan byområdernes afvandingskurve tilnærmes et naturligt hydrologisk kredsløb, opnås mere ensartet belastning på recipienter. Dette medfører at kloakdimensioner kan optimeres, samt udformning på søer og vandløb bedre kan planlægges.

For Vinge betyder det, at byen skal efterligne den rigtige natur ved genindføre vandets langsommelighed efter følgende principper:

1. Vandet bør holdes på overfladen så længe som muligt.
2. Vandet bør forsinkes så nær kilden som muligt.

Nogle af metoderne til, at opnå disse principper er kort beskrevet i følgende afsnit. Det er ikke sikkert at alle metoder kan benyttes i alle områder af Vinge. Under detailplanlægningen skal lokale forhold undersøges for reelle muligheder for håndtering af regn- og overfladevand.



Figur 14-2. Viser den principielle forskel mellem urbane og jordbrugsområder.

LAR etableres hovedsageligt vha. terrænregulering og åbne rendesystemer. Det giver nye spændende muligheder for at skabe grønne og smukke byer med rekreative områder, lavninger, volde og beplantninger i terrænet. Som forsinkelses- og nedsivningselementer anvendes regnbede, faskiner, tørre/våde bassiner, en ny lille sø eller dam, eller en eksisterende sø eller et vandløb. Regnvandet kan også opsamles og anvendes til toiletskyl eller tøjvask. De typiske problemer forbundet med regnvand, kan på denne måde udnyttes og blive en ny ressource for byen.

Regnvandshåndtering bliver derved en styrende parameter i planlægningsprocessen af Vinge med identifikation af sårbare områder og fornuftig højdesætning af byggegrunde, veje, grønne områder etc. Det kan fx planlægges at byggegrunde skal ligge højt, med overfladeafstrømning til vejarealer, hvorfra det føres videre til mark/græsarealer. Samtidig kan sikres at eksisterende oversvømmelsesområder ikke bebygges.

Det er derfor en god ide, at der på et tidligt stadie i byplanlægningen udarbejdes retningslinjer og mål vedrørende håndtering af regnvand helt ned på grundejerniveau.

Det er væsentligt at LAR - foruden at være robust og enkelt at drive – lever op til en "no regret" strategi - en strategi, hvor der er sikret flere fordele ved implementeringen uanset hvilke klimaændringer, der måtte blive en realitet. Dette gøres blandt andet ved at søge synergieffekter i forhold til revitalisering af grønne områder og generel rekreativ anvendelse af regnvand eller afvandingselementer.

Ved etablering af nye byområder er der som regel et omfattende behov for håndtering af overskudsjord. Denne overskudsjord kan bruges lokalt til at forstærke højdeforskelle og give forbedrede muligheder for afvanding. Ved lokal jordhåndtering minimeres desuden miljøbelastningen og udgifter til bortkørsel, ud fra en LCA (Life Cycle Analysis) tankegang.

14.4 Klimasikring i Vinge

For at fremtidssikre Vinge by bedst muligt mod ekstreme regnhændelser, bør planlægningen følge nogle simple grundprincipper. I Frederikssunds "Plan og Agenda 21-strategi 2011", fremgår det også at kommunen på sigt bliver nødt til at tilpasse udformningen af byggeri, infrastruktur og udearealer til klimaændringerne således at:

- Bebyggelse holdes væk fra oversvømmelsesområder
- Områdets naturlige strømningsveje udnyttes bedst muligt med optag i naturlige recipienter.

Det er en forudsætning at ovenstående punkter sikres under iagttagelse af: 1) at der sker en jævn forsyning af rent regnvand til vandløb og vådområder, 2) at beskyttede vandområder ikke påvirkes unødigt, samt 3) at der sikres rent og rigeligt grundvand.

Der anlægges i Vinge et supplerende system til afledning af regnvand fra kraftige skybrud, som ikke fuldt ud kan håndteres i det øvrige regnvandssystem: et såkaldt skybrudssystem . Ved kraftige skybrud løber overskydende regnvand overfladisk over alle arealer og ledes mod de naturlige vandveje. Det supplerende skybrudssystem består primært af vandtrug og grøfter i de naturlige vandveje. Det sikres, at de store regnmængder under skybrud, løber til de naturlige vandveje i terrænet uden at forårsage ødelæggende oversvømmelser i de bebyggede områder.

I planlægningen skal der ligeledes indgå plads til afvandingsrender, grønne strækninger og opsamlingsbassiner. Desuden skal så vidt muligt tilstræbes at overfladevandets forureningsbelastning begrænses, gennem naturlig rensning på vej til recipienter.

Det vil være omkostningsfuldt at rette op på afvigelser fra disse principper efter etableringen af Vinge by og eventuelle konflikter bør derfor identificeres på et tidligt stadie.

14.5 Overordnede løsninger

I dette afsnit beskrives forskellige muligheder for afledning af regn- og overfladevand i Vinge by.

14.5.1 Områder med muligheder for nedsivning

Generelt skal der foretages en miljøvurdering over nedsivningsegnet vand. Som udgangspunkt betragtes tagvand som direkte nedsivningsegnet. Ligeledes gælder vand fra mindre veje og parkeringsarealer, såfremt det renses via relativt simple metoder. Vand fra større veje og industriarealer kræver typisk mere avancerede renseprocesser inden det nedsives og bør måske ledes videre til renseanlæg.

Som nævnt ovenfor er jordbunden i Vinge overvejende ler, som ikke egner sig til nedsivning, hvorfor nedsivning ikke vil kunne spille en hovedrolle i Vinge. Nedsivning bør betragtes som en

nødløsning når mulighederne for håndtering af tagvandet på overfladen er brugt op. Nedsivning i Vinge vil ikke kunne håndtere ekstremregn, der skal håndteres på overfladen.

14.5.2 Områder med mulighed for udledning til overfladevand

Regnvand bør forsinkes inden der sker afledning til recipient. Afledningen til recipient foregår via. regnvandskloak eller åbne rendesystemer, eller en kombination heraf. Usikkerheder på fremtidens regnmængder gør måske de åbne og mere fleksible løsninger fordelagtige.

Desuden synliggøres klimaændringernes konsekvenser på en positiv måde overfor borgere og der opnås større bevidsthed om valget af grønne tiltag generelt. Tagvand anses normalt for rent og kan udledes direkte til recipienter, mens vejvand ofte skal undergå en rensning. Krav til rensning fastsættes i forbindelse med den konkrete sagsbehandling.

Det er nødvendigt at etablere forsinkelseselementer, inden regnvand ledes videre via regnvandskloak eller åbne systemer til naturlige recipienter eller vådområder.

De ferske vandområder nær Vinge kan anvendes som recipienter for tagvand og renset vejvand. Derfor vil det her være praktisk at forsinke regnvandet fra den østlige del af Vinge lokalt og derefter lede det til Hagerup mose øst for Vinge.

Herudover kan Marbæk Renden og Skenkelsø og å systemet anvendes som fersk modtager af det afledte regnvand. Der kan principielt ske afledning af tagvand og renset vejvand til søen.

14.6 Vandets vej i Vinge

Vandets vej i Vinge kan opdeles i følgende underkategorier: 1) Lokal håndtering på eller nær matrikel, 2) afledning fra matriklen og til sidst 3) forsinkelse og modtagelse ved recipient. Nedenfor beskrives kort metoder til lokal afledning af regnvand. Desuden beskrives mulighederne for opsamling og anvendelse af regnvand, samt særlige rensemetoder i forbindelse med afledning af vejvand.

For at sikre en jævn tilstrømning til recipienter ved skybrudshændelser bliver det, uanset løsningsvalg, nødvendigt at inddrage større arealer til forsinkelse af regnvand. Her er det nærliggende at udforme kommunale parker og områder, således at de i hverdagssituationer kan fungere rekreativt, mens de ved ekstreme nedbørsituationer får en forsinkelsesfunktion.

Fordampning fra grønne tage, grønne facader og grønne transportrender er principielt muligt overalt i Vinge by.

For yderligere inspirationsbilleder til udførelse af LAR, henvises til bilag 9.

14.7 Lokal håndtering

Idet Vinge nyetableres er det muligt at placere bygninger, så der kan ske naturlig afvanding væk fra bygningen. Her er det vigtigt at højdesætning udføres korrekt og funktionskrav for afledning af regnvandet overholdes.

Grønne Tage

Da Vinge By udelukkende vil bestå af nyt byggeri er det en mulighed at indtænke og dimensionere løsninger med grønne tage. Grønne tage etableres med forskellige former for stenurter (sedum), græs, mos og andre mindre planter. Vegetationen plantes oven på en vandtæt membran på den almindelige tagkonstruktion. Grønne tage kan også være egentlige taghaver med græs og buske plantet i krukker.

Især i forår og om sommeren optager planterne store dele af vandet, og der sker en stor fordampning. Mængden af regnvand fra grønne tage reduceres meget, og den del der løber fra taget, kommer langsommere til afløbssystemet end fra et tag med tegl, eternit og lignende.

Grønne tage kan anvendes overalt, på enfamiliehuse, garager, etageejendomme, små og store erhvervs- og industribygninger, forretningsområder mv., og på såvel små som store bygninger. Figur 14-3 viser hvorledes disse tagløsninger kan udføres.

Figur 14-3. Eksempler på grønne tagløsninger

Grønne facader
Ved hjælp af grønne facader er det også muligt at udnytte lodrette flader til tilvejebringelse af grønne byområder. Der findes flere muligheder for etablering af grønne facader og mere avanceret systemer tillader komplet frihed til at skabe vertikale botaniske haver. Ved grønne facader kan der skabes biologisk mangfoldighed i urbane miljøer og regnvandet kan udnyttes til vanding.

Permable belægninger
Ved en permeabel belægning løber regnvandet ned gennem belægningen eller mellem belægningens elementer. Belægningen er typisk lavet af betonfliser med porøse fuger eller materialer med en åben porestruktur (asfalt eller andet materiale). Til permeable belægninger hører principielt også grus, græs mv. Regnvandet løber ned i belægningens underbygning, der er designet til at tåle dette, uden at levetiden reduceres. Vandet forsinkes i underbygningen og afhængigt af terrænet, grundvandsstanden og forureningsmæssige forhold mv. kan regnvandet herfra nedsives, ledes til recipient eller afløbssystem. De permeable belægninger kan som udgangspunkt anvendes på alle typer af arealer – veje, cykelstier, gårdarealer, indkørsler mv.

Figur 14-4. Tv. ses en grøn facade. Th. ses et eksempel på en permeabel belægning på p-plads.

Faskiner
Faskiner bygges i dag typisk af plastkassetter som skaber et hulrum i jorden, hvor regnvandet opsamles. Hvis området er nedsivningsegnet kan vandet sive videre ud i jorden og ned til grundvandet. Nedsivningen sker over tid uden at påvirke området på jordoverfladen, da den er nedgravet og dækket med jord. Som tidligere nævnt forventes faskiner pga. jordbundsforholdene ikke at bidrage i større udstrækning til afvandingen i Vinge.

Regnbede
Et regnbed er et beplantet bed med plads til at regnvand kortvarigt kan opholde sig og sive ned i jorden eller forsinkes i ikke nedsivningsegnede områder. Regnvandet ledes ud i et udgravet område, hvor der er en god vækstjord og planter, der kan tåle såvel våde som tørre perioder. Herunder sand/grus der fremmer nedsivning og evt. en faskine for yderligere forsinkelse og nedsivning. Beplantningen anvender vandet, og regnbede skaber gode muligheder for smukke omgivelser og forbedrede livsvilkår for fugle og andre smådyr.

Regnbede kan anvendes mange steder. Ved boliger, erhverv, forretningsområder mv. anlægges regnbede som en del af have- og gangarealer, og hvor regnvand fra tagflader og ofte fra gang- og parkeringsarealer løber direkte til regnbede. Desuden anvendes anlæg, hvor regnvand fra veje og parkeringsarealer ledes til regnbede fx opbygget i vejsiden, som afgrænsning mellem parkeringsbåse, og som adskillelse mellem rækker af parkeringer på P-pladser. Her sker tilledning af vandet oftest via lave kantsten eller via huller i kantsten. Her skal planterne kunne tåle vejsalt. Der eksperimenteres i øjeblikket en del med filtermateriale således at disse vejkantsbede også har en rensende funktion af vejvand, se også bilag 7.

Regnbede er således små grønne, rekreative oaser i såvel offentlige byrum som i private haver mv., som lokalt kan sikre afledning af regnvand til beplantning, fordampning og til jorden.

Figur 14-5. Tv. ses et eksempel på et regnbed og th. ses en nylig installeret vejkantsbed i Vejle, billedet er venligst udlånt af Wavin.

14.8 Afledning fra matrikel og veje

Foruden regnvandskloakker er der mulighed for at lede vandet via åbne render og kanaler.

Render

Regnvand fra tage eller belægninger ledes til render eller grøfter. Her kan det strømme videre samtidig med, at der kan ske en fordampning eller nedsivning af vandet. Render og grøfter kan være naturlige lavninger i terrænet eller som oftest gravede render, hvor bunden er opbygget af sand og grus, hvor vandet kan magasineres og sive ned til grundvandet.

Der kan lægges store sten i renderne og grøfterne for at forsinke, ilte og fordele vandet. I områder med befæstede arealer kan render udføres i beton, granit eller andre tilsvarende materialer. Render og grøfter kan indpasses i området og øge den rekreative og landskabelige værdi, og kan lede vand videre til f.eks. et regnbed eller et bassin.

Der kan i renderne også anlægges filtermateriale, således vejvand fra mindre veje kan renses, forsinkes og videreføres via dræn til recipient.

14.9 Forsinkelse til recipient ved større områder

Nedenstående LAR-metoder er typisk pladskrævende, hvilket er en begrænsning i en tæt by som Vinge, men der kan være muligheder for at anlægge sådanne på offentlige områder, industrielle eller institutionsområder.

Tørre bassiner

Et tørt bassin er et bassin, hvor regnvandet har plads til at opholde sig, inden det siver ned i jorden og/eller ledes til andre LAR-anlæg via et droslet afløb. Der er normalt vand i et tørt bassin i 2-3 dage efter et regnvejr. Herefter er bassinet tømt for vand og kan indgå i den normale brug af området indtil næste regnvejr.

Regnvandet ledes ud i et udgravet typisk græsklædt område. Under bassinet kan der være sand/grus og yderligere en faskine som fremmer forsinkelsen og nedsivningen af vandet. Bunden kan også være tæt, så der kun sker en forsinkelse af vandet. Ved begrænset plads kan et tørt bassin også etableres som et underjordisk, lukket bassin udformet som en tank eller rør. Et tørt bassin kan anvendes på større grønne områder ved tilledning af regnvand fra større befæstede

arealer. Tørre bassiner bruges, hvor der er behov for at forsinke og nedsive større mængder regnvand eller begrænse og forsinke udløbet af regnvand til recipienter, så de store vandmængder ved regn ikke overbelaster recipienten.

Figur 14-6. Tv. ses en skaterbane der fungerer som tørbassin ved kraftige regnhændelser. Th. ses et vådbassin/Dam.

Våde bassiner
Overfladevand fra tage, veje og pladser forsinkes og eventuelt nedsives i et åbent delvis vandfyldt bassin, dam eller sø. Fra det våde bassin er der et droslet udløb, så vandmængden fra bassinet begrænses, og der kun ledes en fastlagt vandmængde videre til et andet LAR-anlæg eller recipient. Der sker en god rensning af vandet i et vådt bassin. Suspenderet stof fjernes ved bundfældning i bassinet, organisk stof nedbrydes biologisk via planteoptag og olie nedbrydes af solens lys. Inden bassinet skal vandet være renset i et sandfang eller i et forbassin.

Et vådt bassin kan anvendes på større grønne områder og give området en høj rekreativ værdi. Bassinet fungerer som et magasin, og renser vandet før andre LAR-metoder som f.eks. nedsivning i faskiner

Nedsivning på græsarealer
Regnvand løber direkte ud over en græsflade. Her siver det ned og vander græsset. Ved nedsivning af tagvand, løber det de første par meter via en lille rende af betonsten eller andet ud til græsfladen. Regnvand fra belægninger løber fra belægningen direkte ud over arealet. Ved store regnvejr kan vand fortsætte til et regnbed, infiltrationsgrøft eller andet LAR-anlæg. Strømning over græsflader væk fra en bygning kan anvendes ved små som store bygninger, hvor man ikke færdes, mens det regner eller umiddelbart efter, idet der da vil være ekstra vådt i græsset.

Strømning og nedsivning i græsflader kan også anvendes for vand, der løber direkte væk fra gang- og cykelstier, parkerings- og vejarealer. Strømning over græs eller lignende kan desuden anvendes som forrensning, før regnvand ledes ud i fx et regnbed eller en dam, idet sand og andet materiale fanges i græsset.

Opstuvning på terræn
Ved opstuvning på terræn indrettes områder, hvor regnvand kan stuve midlertidigt op under nedbør. Hermed forsinkes vandet, inden det ledes til andre LAR-anlæg eller til kloakken. Regnvandet forsinkes ved at drosle afløbet fra arealet. Dermed tilbageholdes regnvandet på det befæstede areal. Arealer til opstuvning af vand på terræn kan udføres ved at sænke arealet, etablere høje kantsten eller støttemure eller ved at regulere højden på terrænet. Opstuvning på terræn kan anvendes på mindre arealer ved parcelhuse, men vil nok have mere berettigelse på større anlæg som skoler, industri, boligforeninger, karrébebyggelser, rekreative områder mv.

Eksempler på egnede arealer til midlertidig opstuvning er fx sænkede pladser, boldbaner og p-arealer. Mange arealer benyttes alligevel ikke under regnvejr. Det vil derfor ikke være til gene, hvis der stod vand nogle timer i fx en del af et gårdrum. Opstuvning på terræn kan i mange tilfælde kombineres med andre LAR-metoder.

Figur 14-7. Tv. ses et opstuvningsområde med mulighed for rekreativ anvendelse. Th. ses indretningen af regnvandsvaskeri i Folehaven, Kbh.

14.10 Opsamling og anvendelse af regnvand

Opsamling og brug af regnvand sker normalt på to måder:

- Tagvand opsamles i en beholder til havevanding
- Tagvand filtreres og opsamles i en lagertank, hvorfra det pumpes til toiletter og maskiner for tøjvask.

Begge former for opsamling kan anvendes ved enfamiliehuse, etageejendomme, erhvervsejendomme mv. Ved anvendelse til toiletskyl og tøjvask bruges vand fra egnede tagflader med tegl, beton og skiffer. Vandet kan desuden bruges til vask af biler, maskiner mv. samt til forskellige former for vanding på fx idrætsanlæg og boldbaner. Der må kun anvendes regnvand, som er opsamlet på egnede tage. Der må aldrig anvendes regnvand opsamlet andre steder, som f.eks. fra veje og pladser.

Der kan være besparelser forbundet med anvendelse af regnvand til toiletskyl og tøjvask i nye boligområder, industriområder og institutioner. Idet regnvand er blødt vand (lav dH-værdi), mindskes slitage også på varmelegemer og forbrug af sæbe og skyllemiddel reduceres ved tøjvask.

14.11 Adsorptionsmetoder/Forbassiner i forbindelse med vejvand til render

I et adsorptionsanlæg bindes stoffer til et materiale og fjernes på denne måde fra vandet. Samtidig sker der en fysisk filtrering gennem adsorptionsmaterialet. I forhold til rensemetoden om filtre sker der i adsorptionsanlæg en binding af stofferne, hvor der i filtre sker en fysisk filtrering. Adsorptionsanlæg anvendes til lokal rensning af overfladevand fra vejarealer for at opnå en tilstrækkelig god vandkvalitet til, at vandet efterfølgende kan ledes til andre LAR-anlæg som fx faskiner eller bassiner eller til recipient som fx vandløb. Som praktiske eksempler på adsorptionsanlæg kan nævnes:

- Sivning gennem ler og sandlag i dæmning mellem forbassin og poleringssø
- Pilotanlæg med Dobbeltporøs filtrering - Rensning af vejvand i Ørestad.
- Hydrocon-filter.
- Traditionelle filteranlæg: sandfiltre, aktiv kulfiltre, flisfiltre mv.

Adsorptionsanlæg anvendes, hvor miljøfremmede stoffer skal fjernes fra overfladevand fx ved:

- Udledning af vejvand til recipient
- Udledning af overfladevand til særlig følsom recipient
- Udledning af tagvand fra bygninger beklædt med nye tage af kobber eller bly. Der opnås kun en renseeffekt fra nye tage, da et oxideret tag (når kobberet er blevet grønt) kun frigiver meget lidt kobber.

14.12 Økonomi

Nedenfor præsenteres økonomiske overslagspriser forbundet med etablering af LAR. Udgifterne er baseret på etablering ved eksisterende byggeri og kan også findes i Københavns kommunes LAR-Metodekatalog. Priserne er estimeret og må betragtes som et groft skøn. Priserne skal ses i forhold til relationsbetragtninger mellem de forskellige løsninger.

Det er i priserne forudsat at montage, drift og vedligehold foretages af eksterne folk. Udgifter til drift og vedligehold er baseret på en timepris på 325 kr. ekskl. moms. Der opstillet priseksempler for tre scenarier: LAR-metode ved 1) parcelhus, 2) boligejendom og 3) kontorbygning. Desuden fremgår priser på render pr. lbm. meter. Alle udgifter er ekskl. moms og beregnet i prisniveau 2011, med en tillægsfaktor på 20 %.

Ved lokale områder

Priseksemplerne er beregnet for en parcelhusgrund på 750 m^2. Huset har et tagareal på 140 m^2. Parcelhuset har et befæstet areal (indkørsel, havegang mv.) på 80 m^2.

	Grønne Tage	Permeabel belægning	Faskiner	Regnbede	Tør Bassin	Vådbassin/Damme	Opstuvning
Anlægsudgifter kr.	97.000	47.000	20.000	5.000	28.000	48.000	18.000
Driftsudgifter kr. pr. år	1.000	5.000	1.000	4.000	3.000	6.000	1.000
Årlig udgift kr. pr. år (levetid 25/50 år)	5.000/3.000	7.000	2.000	4.000	4.000	8.000	2.000

Tabel 14-1. Priseksempler ved lokale områder.

Ved boligområder

Priseksemplerne er beregnet for en grund på 6.000 m^2. Etageejendommen har et tagareal på 1.500 m^2. Etageejendom har et p-areal og øvrige befæstede arealer på 900 m^2.

	Grønne Tage	Permeabel belægning	Faskiner	Regnbede	Tør Bassin	Vådbassin /Damme	Opstuvning
Anlægsudgifter kr.	1.200.000	1.300.000	312.000	55.000	400.000	640.000	98.000
Driftsudgifter kr. pr. år	11.000	32.000	6.000	28.000	23.000	43.000	5.000
Årlig udgift kr. pr. år (levetid 25/50 år)	61.000/ 36.000	84.000	19.000	30.000	39.000	68.000	8.000

Tabel 14-2. Priseksempler ved boligområder.

Ved større områder

Priseksemplerne er beregnet for en grund på 10.000 m^2. Kontorbygningen har et tagareal på 3.500 m^2. Kontorbygningen har et p-areal og øvrige befæstede arealer på 2.500 m^2.

	Grønne Tage	Permeabel belægning	Faskiner	Regnbede	Tør Bassin	Vådbassin/ Damme	Opstuvning
Anlægsudgifter kr.	3.162.000	1.600.000	660.000	185.000	918.000	1.200.000	110.000
Driftsudgifter kr. pr. år	32.000	39.000	13.000	57.000	40.000	98.000	10.000
Årlig udgift kr. pr. år (levetid 25/50 år)	167.000/ 100.000	104.000	39.000	65.000	76.000	146.000	14.000

Tabel 14-3. Priseksempler ved større områder.

Render
Priserne er vist pr. løbende meter.

Type	**Overslag pr. løbende meter kr. ekskl. moms**
Naturlig lavning i terræn	Ca. 400 kr.
Gravet grøft med filermateriale sand/grus	Ca. 450 kr.
Gravet grøft med filermateriale sand/grus samt fordelerrør eller opsamlingsrør	Ca. 800 kr.
Gravet grøft med stenmateriale udlagt som fast bund	Ca. 500 kr.
Tætte kanaler eller render udført i beton eller lign.	Ca. 300 kr.
Åbne betonrender til vejsider in situ-støbt.	Ca. 11.000 kr.

Tabel 14-4. Priseksempler på render.

Regnvandskloak
I udkastnotat fra sept. 2010 for Frederikssund Forsyning udarbejdet af Orbicon, "bæredygtig håndtering af regnvand i Ny By" , fremgår en anlægsudgift på 470.000 kr. ekskl. moms pr. hektar.

Prisen er en overslagspris beregnet som et gennemsnit for en hel kommune med varierende befæstelsesgrad fra område til område inkl. anlægsomkostninger for den private del af stikledningen.

Der henvises i øvrigt til bilag 6.

Tilslutningbidrag – Frederikssund Forsyning
Af Frederikssund Forsynings takstblad for 2012, se bilag 10, fremgår det at tilslutningsbidraget for regnvand og husspildevand til spildevandsystemet udgør 49.083,00 kr. ekskl. moms pr. boligenhed eller pr. påbegyndt 800 m^2 grundareal for erhvervsejendomme. Håndteres regnvandet lokalt ved nyt byggeri i Vinge, formodes det at udgiftsdelen til regnvand på 19.633,20 kr. pr. boligenhed eller pr. påbegyndt 800 m^2 udgår.

Bortfald af udgiften til regnvandshåndtering kræver fuldstændig fysisk afkobling. Man kan ikke bruge den offentlige regnvandskloak som overløb, da dette ikke dimensioneres privat håndtering af regn- og overfladevand.

Vandtakst ved anvendelse af regnvand
Ved opsamling og anvendelse af regnvand til toiletskyl eller tøjvask skal der på nuværende tidspunkt betales fuld vandafledningsafgift i Frederikssund Kommune. Af den samlede kubikmeterpris spares derved kun udgiften til vandstaksten på 13,90 kr. ekskl. moms. Ønskes et styrket incitament til anvendelse regnvand i Vinge, er det en mulighed at differentiere vandledningsafgiften. I Københavns Kommune halveres denne afgiftsdel således, at der kun betales for transport og behandling af spildevandet ved renseanlæg.
Ved ovenstående løsning er det vigtigt at der sker en aktiv måling af det ”brugte” afledte spildevand måles og registres i forhold til afregning. Herved bliver det muligt, at fordele udgifterne for spildevandsrensningen retfærdigt også i forhold til Forsyningens andre kunder.

15. REFERENCER

DTU (2008), "Forslag til nye energikrav til eksisterende bygningers klimaskærm", Henrik Tommerup og Svend Svendsen. DTU Byg Sagsrapport SR 08-05 (DK). ISSN 1601-8605 11

Dansk Energi (2011), "Den lille blå om varmepumper", udgiver: Dansk Energi. Forfattere: Jørn Borup Jensen (Dansk Energi), Claus M. Hvenegaard (Teknologisk Institut), Svend Vinther Pedersen (Teknologisk Institut). ISBN: 978-87-91326-08-0

Statsforvaltningen (2009), "Analyse af jordbrugserhvervene". GIS data til bearbejdning hentet fra: http://www.jordbrugsanalyser.dk/webgis/kort.htm
ftp://131.165.57.138/

Risø (2011), Risø Energy Report 2011. Technical University of Denmark, 2011. Tilgængelig på: www.risoe.dtu.dk/rispubl/reports/ris-r-1778.pdf

Energinet.dk (2011), "Fremme af prisfleksibelt elforbrug for små og mellemstore kunder. Dok. 14061/11", Sag 10/6564, 2. september 2011. Tilgængelig på: www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/El/Fremme%20af%20prisfleksibelt%20elforbrug%20for%20små%20og%20mellemstore%20kunder.pdf

Waste Water Heat Consortium (2007), "WasteWaterHeat - Best practices catalogue": 30 pages. Intelligent Energy Europe.

Energistyrelsen (2012),"Technology data for energy plants – Generation of electricity and district heating, energy storage and energy carrier generation and conversion", Energinet.dk & Energistyrelsen. ISBNwww: 978-87-7844-931-3.

Energistyrelsen (2012) "Technology data for energy plants – Individual heating plants and energy transport.", Energinet.dk & Energistyrelsen. ISBNwww: 978-87-7844-940-5.

Svenskt vatten (2011), "Hållbar dag og dränvattenhantering, Svenskt vatten" P105, 2011.

Orbicon (2010), "Hvad er bæredygtig håndtering af regnvand i Ny By", Orbicon, Rev. 04, 1. sept. 2010.

KK (2011), LAR Metodekatalog, Københavns Kommune, 2011.

SVK (2005), SVK Skrift 27, Spildevandskomiteen, IDA, 2005.

SVK (2006), SVK Skrift 28, Spildevandskomiteen, IDA, 2006.

SVK (2008), SVK Skrift 29, Spildevandskomiteen, IDA, 2008.

Winther (2011), "Afløbsteknik", 6. Udgave. Leif Winther et al. Polyteknisk Forlag, 2011.

BILAG 1 - FYSISKE BEGRÆNSNINGER, MAKSIMAL PRODUKTION OG AREALSPECIFIKT KAPACITETSKRAV

BILAG 2 – UNDERSØGELSE AF DEN UDLAGTE JORDSLANGELÆNGDE

BILAG 3 - YDELSE AF SOLCELLE- OG SOLFANGERANLÆG

BILAG 4 - VARMETÆTHEDSKORT

BILAG 5 – BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER FOR KAPITEL 13 ”FORSLAG TIL BÆREDYGTIG TRANSPORT-INFRASTRUKTUR”

BILAG 6 – ORBICON NOTAT

BILAG 7 - VEJKANTSBEDE

BILAG 8 – FORSØG I LUXEMBURG

BILAG 9 - INSPIRATIONSBILLEDER TIL LAR (PROJEKT KASTRUPKRO-GEN)

BILAG 10 - TAKSTBLAD 2012, FREDERIKSSUNDS FORSYNING

BILAG 11 - BETALINGSVEDTÆGT FOR FREDERIKSSUNDS KOMMUNALE KLOAKFORSYNING

BILAG 12 - GRUNDVANDSKØLING, ARTIKEL FRA VANDTEKNIK, ÅR 2000