

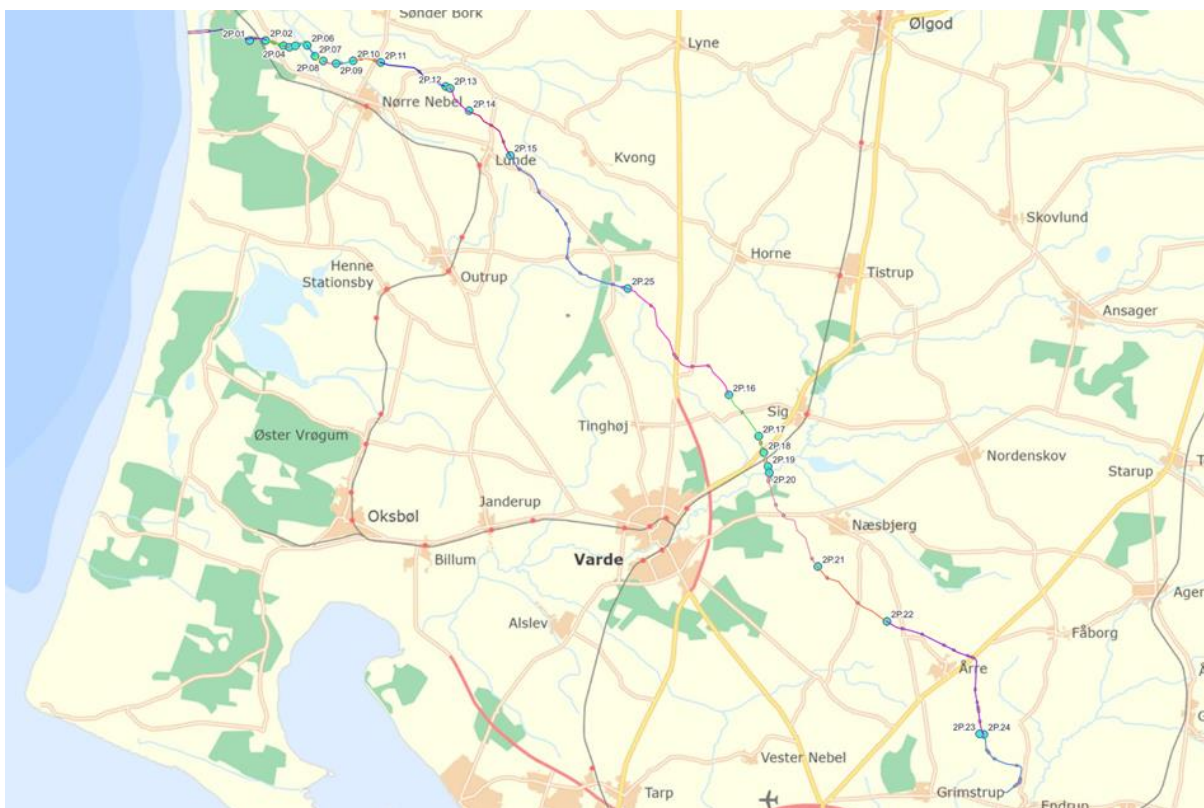
MH2030 – Nordsøen I (A2)

Grundvandsscreening for landkabel

1 Indledning

Geo har for Energinet udført forundersøgelser for etablering af landleddning for projektet Mere Havvind 2030 – Nordsøen 1 på strækningen Nymindégab – Endrup Nord (A2) (se Figur 1-1).

Forundersøgelserne bestod af geotekniske borer, kombineret stedvis med geofysiske undersøgelser, for planlægning af krydsning af infrastruktur og naturområder ved styret underboring (HDD), samt en række korte pejleboringer for belysning af de overfladenære grundvandsforhold for det nedgravede kabel.



Figur 1-1 Mere Havvind 2030 – Nordsøen 1 – Nymindégab - Endrup Nord (A2)

På baggrund af et indledende skrivebordsstudie, er der fastlagt et hydrogeologisk program for strækningen bestående af grundvandsmålinger vha. pejleserier med loggere / divere i udvalgte pejle- og geotekniske borer, så de sæsonmæssige variationer i grundvandsspejlet kan følges. Øvrige pejleboringer pejles med ca. 1 måneds mellemrum. Derudover er der udført et antal Vacuum Slug Test / Falling Head Test (afhængig af jordlagernes permeabilit), til fastlæggelse af den hydrauliske ledningsevne i den enkelte pejleboring.

2 Desktop Study

For vurdering af grundvandsforholdene for det gravede tracé, er der indledningsvis udført et skrivebordsstudie af strækningen og det planlagte kabeltracé.

Formålet med dette er at fastlægge en indledende lokalisering af områder langs tracéet, hvor der forventes terrænnært grundvand. I kombination med efterfølgende hydrologiske undersøgelser skal screeningen danne grundlaget for, at der senere kan udarbejdes en plan for håndtering grundvandet i anlægsfasen.

For kabelstrækningen laves der en inddeling baseret på risikoen for, om det terrænnære grundvand bliver en udfordring under anlægsfasen. Inddelingen er angivet med hhv. en klasse samt en farve, og fremgår af de tilhørende kortbilag:

- Klasse II - Grøn
- Klasse I - Rød

På områder udpeget som Klasse II, vurderes det, at grundvand ikke vil påvirke anlægsarbejdet, da terrænet er relativt højtliggende, jordbundsforholdene er overvejende ler, og med flere meters afstand til det terrænnære grundvandsspejl (i ler). Evt. små lommer af sand med sekundært grundvand vil kunne fjernes ved simpel lænsning, og kunne nedsives tæt omkring arbejdsområdet.

Klasse I er områder, hvor grundvandet vurderes at være højtstående (terrænnært), og jorden i og omkring kabelrenden er sandet og/eller organiskholdig. Her må der forventes behov for midlertidig grundvandssænkning i forbindelse med anlægsarbejdet.

Hvor tracéet passerer områder med sandede aflejringer og behov for grundvandssænkning er der tilsvarende områder i oplandet omkring arbejdsområdet som kan bruges til at bortlede og nedsive, det op-pumpede vand.

Screening for grundvand og bortledning af tilstedeværende grundvand er baseret på tilgængeligt kortmateriale, der inkluderer topografi, terrænnært grundvand, overfladegeologi og beskyttede naturområder.

Topografien vurderes ud fra 0,25 m, 0,5 m og 2,5 m højdekurver fra Danmarks Højdemodel fra Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur (SDFI). Højdekurverne angives i meter over/under terræn relativt til systemet DVR90 og kan give en indikation på skråninger og lavninger.

Vurdering af afstand til det terrænnære grundvand er baseret på modellen fra Hydrologisk Informations- og Prognosesystem (HIP). Det er en model baseret på maskinlæring i et 10 m grid, som tager udgangspunkt i DK-modellen fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). Kortet over vintersæsonen er anvendt for at inkludere situationen, hvor grundvandsspejlet er på sit højeste. Til understøttelse af grundvandsstanden anvendes boringer med pejlinger fra Jupiter Databasen fra GEUS. Der anvendes, hvis muligt, pejlinger med en afstand inden for 100 m, men i områder med færre pejlinger kan denne afstand overskrides.

Til analyse af overfladegeologien er jordartskort 1:25.000 fra GEUS benyttet samt relevante modeller fra GeoAtlas Live. Dette vurderes tilstrækkeligt, da det giver en indikation af den overfladenære geologi, hvor renderne skal udgraves. Kortet kan i anlægsfasen anvendes til at foreslå egnede områder til ned-sivning af grundvand.

Ældre målebordsblade er brugt som støtteinformation for vurdering af, om områder vist på jordartskortet som organiskholdige ferskvandsaflejringer, er sammenfaldende med områder på målebordsbladene med fugtig og vådområde signatur.

Denne grundvandsscreening er baseret på digitalt kortmateriale samt erfaringsudvekslinger. En reel vurdering af det terrænnære grundvand kan kun opnås ved at udføre hydrologiske forundersøgelser langs kabelstrækningen, hvilket der derfor blev igangsat sideløbende med de geotekniske forundersøgelser for de planlagte styrede underboringer. Efterfølgende er resultatet af pejleserier og pumpeforsøg brugt til at lave en indledende vurdering af omfang af evt. midlertidig grundvandssænkning for det gravede tracé.

3 Hydrogeologisk Program

I Tabel 3-1 er vist program for pejleboringer, installation og forsøg.

Pejleboringerne er udført til 4 m u. terræn, og filtersat med ø63 mm blindrør og filter: Filteret er typisk installeret i intervallet 3-4 m u. terræn. I filterniveau er der udtaget prøve til sigteanalyse.

Efter udførelse af pejleboringerne blev der udvalgt et antal boringer hvor der blev installeret logger eller diver, for at få en kontinuerlig pejleserie oven en sæson (fra maks. til min. vandspejlskote). Øvrige boringer pejles manuelt ca. 1 gang om måneden. Divere tømmes ca. hver anden måned. Loggere sender data online til database.

I udvalgte boringer er der udført Vacuum Slug Test / Falling Head Test for beregning af den hydraulisk ledningsevne (K).

Tabel 3-1 Planlagt program for de hydrogeologiske undersøgelser

POINT_ID	COMMENT	EASTING	NORTHING	Forsøg
2P.01	Diver	450.733,39	6.184.208,02	-
2P.02	Pejlerunde	451.382,86	6.184.213,61	-
2P.03	Diver	452.110,02	6.184.001,94	-
2P.04	Logger	452.351,06	6.183.938,27	-
2P.05	Pejlerunde	452.590,07	6.183.996,43	-
2P.06	Diver	453.074,66	6.184.012,45	-
2P.07	Logger	453.392,00	6.183.576,56	-
2P.08	Pejlerunde	453.729,08	6.183.379,98	Falling Head Test
2P.09	Diver	454.246,48	6.183.274,70	-
2P.10	Diver	454.946,57	6.183.386,33	Falling Head Test
2P.11	Logger	456.068,31	6.183.321,49	-
2P.12	Diver	458.716,35	6.182.339,63	-
2P.13	Pejlerunde	458.897,64	6.182.264,69	-
2P.14	Pejlerunde	459.665,33	6.181.355,83	-
2P.15	Diver	461343,36	6179534,11	-
2P.16	Pejlerunde	470.243,69	6.169.788,54	Falling Head Test
2P.17	Pejlerunde	471.457,20	6.168.109,69	-
2P.18	Diver	471.662,22	6.167.438,23	-
2P.19	Diver	471.836,07	6.166.874,65	-
2P.20	Diver	471.884,76	6.166.620,18	-
2P.21	Pejlerunde	473.865,73	6.162.806,35	-
2P.22	Diver	476.676,04	6.160.567,38	-

2P.23	Pejlerunde	480.446,56	6.155.990,91
2P.24	Pejlerunde	480.624,49	6.155.969,30
2P.25	Diver	466.124,77	6.174.116,25

4 Vurderet pumpeydelse ved midlertidig grundvandssænkning på screenede sektioner

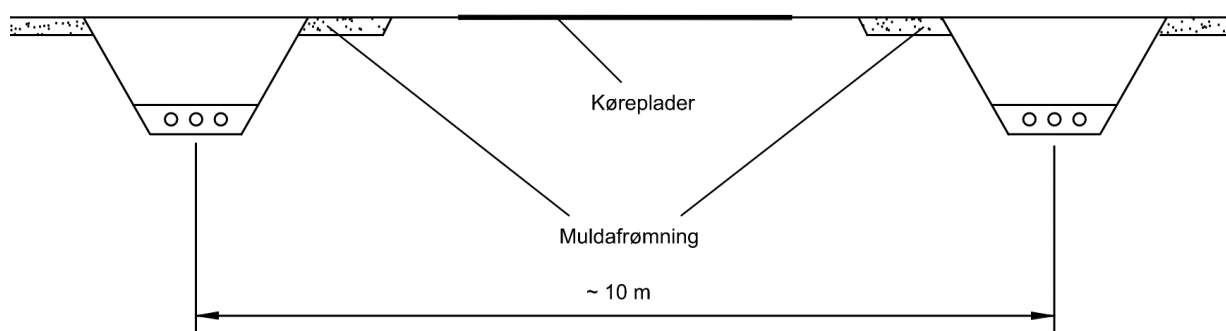
Der foreligger på nuværende tidspunkt ingen oplysninger om metoden eller tidshorisonten for grundvandssænkning, og længden af åbne udgravninger, der sænkes på samme tid, er ukendt.

Der er valgt en analytisk model til at estimere nødvendig pumpning under etableringsudgravningen. Den analytiske model er beskrevet i Appendix A.

4.1 Parametre

Den hydraulisk ledningsevne (K) estimeres ud fra sigteanalyser eller udledes fra hydrogeologiske *in-situ* forsøg (Vacuum Slug Test / Falling Head Test), begyndelsesvandspejl (H) fra piezometre (pejlet i forårssituationen), grundvandsinformation fra GeoAtlas Live (geologisk tværsnit) og boringer.

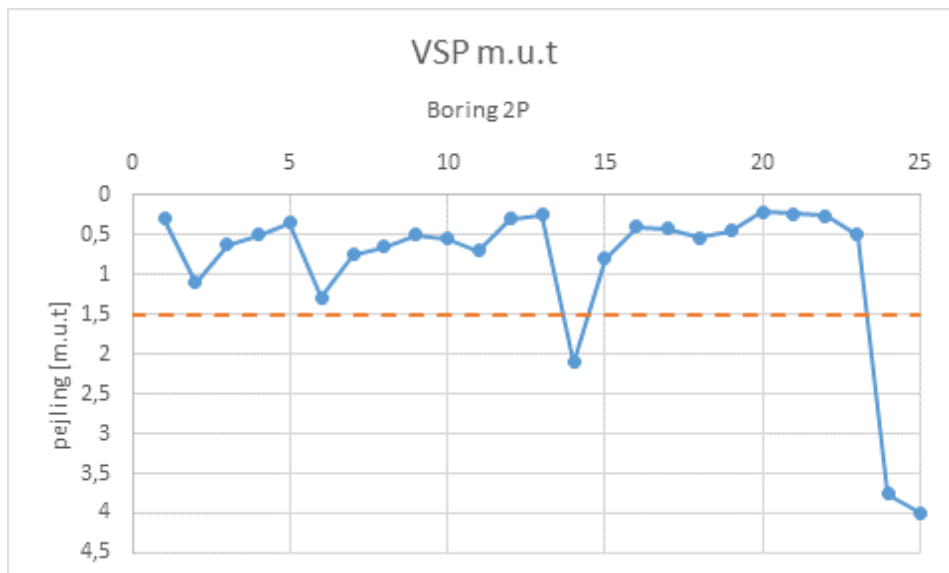
Sænkingsvandspejl i den åbne rende er sat til 2 meter under overfladen (m u. terræn) i beregningerne, da det forventes, at kabelrenden er 1,5 m dyb og med tørholdelse 0,5 m under rendes udgravningsbund. Udgravningen er udført som et dobbeltsystem med ca. 10 m afstand mellem systemerne (som vist på Energinet dok. 13L 06 026, se Figur 4-1).



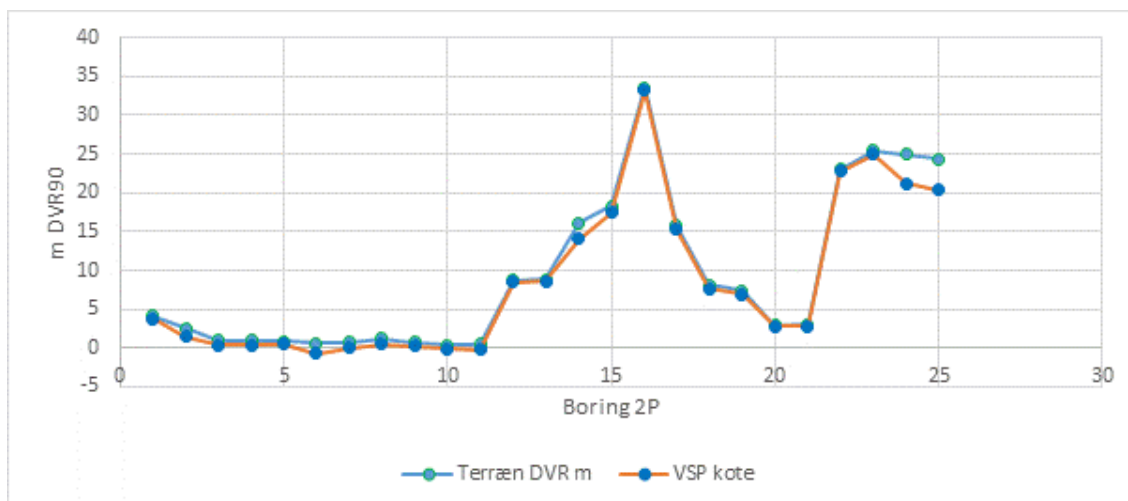
Figur 4-1 Tværsnit af åben ledningsgrav, dobbeltsystem, med 1,5 m udgravningsdybde

4.2 Pejlinger

I Figur 4-2 og Figur 4-3 er vist de målte vandspejl og terrænkote for de enkelte pejleboringer.



Figur 4-2 Dybde til vandspejl i boringerne langs tracé (boring nr. 2P.XX)



Figur 4-3 Vandspejlskote i boringerne langs tracé (boring nr. 2P.XX)

4.3 Beregninger og Resultater

I tabellen nedenfor er angivet resultater med påvirkningsafstand på 75 meter (A).

Boring nr.	Grundvands- magasin, tykkelse	Anslået K (fra forsøg / geologi)	Afstand til grænse med konstant højde, A	Sektions- længde, L	Grundvands- dybde	Sænkning i udgravning	Pumpe- hastighed	Oppumpet mængde
	[m]	[10 ⁻⁴ m/s]	[m]	[m]	[m u. t.]	[m u. t.]	[m ³ /h]	[Liter/t/m]
2P.01	13.3	2.45	75	2439	0.70	2	893	366
2P.02	11.8	2.34	75	650	0.86	2	172	265
2P.03	10.0	0.05	75	249	0.56	2	1	6
2P.04	8.4	0.75	75	254	0.43	2	21	81
2P.05	7.2	1.46	75	434	0.82	2	42	97
2P.06	6.7	2.39	75	542	1.02	2	63	116
2P.07	7.9	2.39	75	405	0.70	2	80	196
2P.08	7.5	1.55	75	533	0.58	2	70	131
2P.09	5.6	1.33	75	651	0.53	2	53	82
2P.10	4.9	0.53	75	983	0.63	2	25	25
2P.11	6.6	1.11	75	2860	0.50	2	246	86
2P.12	8.8	1.70	75	173	0.28	2	37	217
2P.13	7.5	0.02	75	1214	1.18	2	1	1
2P.14	6.2	1.76	75	2530	1.45	2	105	42
2P.15	7.0	1.87	75	7609	0.61	2	1083	142
2P.16	7.0	1.87	75	2050	0.48	2	321	157
2P.17	5.8	6.68	75	551	0.49	2	244	442
2P.18	3.7	6.68	75	387	0.33	2	105	271
2P.19	4.0	4.18	75	264	0.22	2	55	207
2P.20	5.5	7.69	75	4208	0.25	2	2411	573
2P.21	12.3	7.69	75	3610	0.38	2	4800	1330
2P.22	9.8	7.69	75	6617	2.13	2	0	0
2P.23	3.1	2.67	75	-	3.88	2	-	-
2P.24	7.4	7.69	75	3342	2.20	2	0	0
2P.25	8.6	1.87	75	6351	0.40	2	1342	211

2P.23 is placed very close to 2P.24.

De beregnede oppumpningsmængder er vist på vedlagte kortbilag, A2-01 – A2-16 (som m³/dag/m), hvor der ligeledes er vist pejlinger og boreprofiler.

Der er flere usikkerheder i forudsætninger / beregningerne:

- Sigteanalyser eller Vacuum Slug Test / Falling Head Test udføres ofte ikke i udgravningsniveau (1,5 m u. t.), men i pumpeniveau for evt. sugespids (4,0 m u. t.).
- Effekter af nærliggende drængrøfter er ikke medtaget i analysen (tilstedeværelsen af drængrøfter kan resultere i højere tilstrømning til udgravninger)
- Flowet er ikke steady state => højere tilstrømning undtaget - især i begyndelsen af grundvandssænkningen. Kan være op til 2 - 5 (10) faktorer højere.
- Normal nedbør og hændelser med skybrud er ikke medregnet
- Tilløbene overfladevand til arbejdsområdet / udgravningen er ikke medregnet
- Siltindholdet er usikkert, men for nogle af Vacuum Slug Test / Falling Head Test blev der fundet betydelige mængder silt i filteret. Kan give problemer dræning/pumpning af vand fra udgravningen og stabilitet af udgravningen.
- Homogene forhold langs sektionen

5 Konklusion

De beregnede oppumpningsmængder i Klasse 1 områderne ligger på mellem 0 – 31,9 m³ / dag / løbene m rende. Disse mængder vil kunne forventes at kunne håndteres ved lokal nedsivning i det omgivende terræn langs kabelanlægget. Største pumpeydelse ses i området ved Nymindesgab og ved Varde Å.

Hvor traceet passerer områder med sandede aflejringer og behov for grundvandssænkning, kan det antages at der findes tilsvarende områder i oplandet omkring arbejdsområdet som kan bruges til at bortlede og nedsive, det oppumpede vand.

Nogle steder vil nedsivningsevnen være høj og få nedsivningsarealer vil være nødvendig. Andre steder vil man skulle have flere mindre områder langs traceet. Fælles for udledningen vil være, at man samler oppumpede mængder fra flere pumper/anlæg og udleder over en bred front på stabilt underlag, f.eks. græsarealer, dyrkede arealer eller skov.

Som en supplement til lokal nedsivning på tilstøende arealer, kan man bruge den allerede gravede åbne rende til nedsivning, hvor kablerne allerede er installeret, men hvor der kun delvist er opdækket med råjord. Et andet alternativ er udgravning med gravekasse, hvor udgravning sker "vådt", og grundvandssænkning ikke er nødvendig.

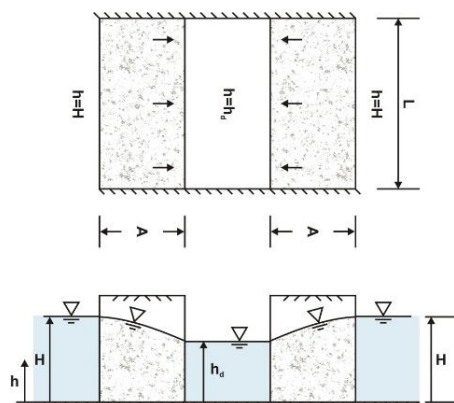
Det bemærkes, at dele af de screenede strækninger i Klasse 1 er dækket af planlagt krydsning ved styret underboring af forskellige længder. Her vil der ikke være behov for grundvandssænkning for traceet. Ved Varde Å er en mulighed at passere engen nord for åen som en samlet styret underboring.

Appendix A - Analytisk model for dette projekt

Estimeringen af nødvendig pumpning under etableringsudgravningen for kabelrender beregnes ved hjælp af en analysemodel ved hjælp af de markspecifikke parametre for vandstand H og hydraulisk ledningsevne K opnået fra de tilgængelige feltundersøgelser udført i dette projekt.

Den analytiske model er bygget på den antagelse, at grundvandsmagasinet er homogent isotropt, grundvandsstrømmen er i steady state, grundvandsmagasinet er ubegrænset, ingen genopfyldning, og at der ikke er nogen gradient i grundvandsspejlet før pumpning. Kun flow ind i siderne af udgravningen tages i betragtning og ikke enderne. Det er en fornuftig antagelse, fordi udgravningen er meget længere end bredden af enderne.

Indflydelsesafstanden (Afstand til constant-head grænse, A) er svær at bestemme og kan enten estimeres ud fra litteraturen /1/ eller som "bedste gæt". I /1/ intervallet er angivet til at være mellem 200 og 500 meter for sandmagasiner, hvilket Geo fandt at være højt ved sammenligning med en numerisk model. Årsagerne til dette er bl.a., at steady state-antagelsen ikke er opfyldt i udgravningsperioden, og at der er våde områder i nærheden, der fungerer som en constant-head grænse.



Parametre

Hydraulisk ledningsevne, K
Højde af bunden af grundvandsmagasinet, z_{bot}
Afstand til grænse med konstant højde, A
Grundvandsmagasinet's bredde på tværs af grundvandsstrømmen, L
Grundvandshøjde ved constant-head grænse, H
Grundvandshøjde i udgravningen, h_d

Figur 1 Analytisk model til beregning af tilstrømning til en udgravning i et ubegrænset grundvandsmagasin

Litteratur

- /1/ Miljøstyrelsen, 2001. Udvidet geologi og grundvand. ISBN: 87-7944-827-5. Håndbog 5 (af 6 bøger).