

Dybdekomprimering af losseplads



■ Af Poul Panduro,
Vejdirektoratet

■ Sten Thorsen,
Thorsen Geoteknik

Som et led i Vejdirektoratets miljøpolitik med hensyn til at mindske vejprojekternes påvirkning af miljøet, herunder at mindske ressourceforbruget, har man i forbindelse med en motorvejspassage af en losseplads valgt en utraditionel anlægsmæssig fremgangsmåde.

Den vestlige gren af motorvejene i Vendsyssel passerer på strækningen Brønderslev - Hjørring en losseplads, der i dag anvendes som fyldplads, mellemdepot for byggeaffald og genbrugsstation (se figur 1).

Det har i forbindelse med tracering af motorvejen ikke været muligt at undgå lossepladsen, der ligger ud til et dalsystem, som gennemskæres af Stubdrup Bæk. Motorvejen er dog trukket så langt mod øst som muligt, således at den kun berører en mindre del af lossepladsen. Det areal, der berøres af motorvejen udgør ca. 8.000 m², dvs. ca. 15-20% af lossepladsens samlede areal.

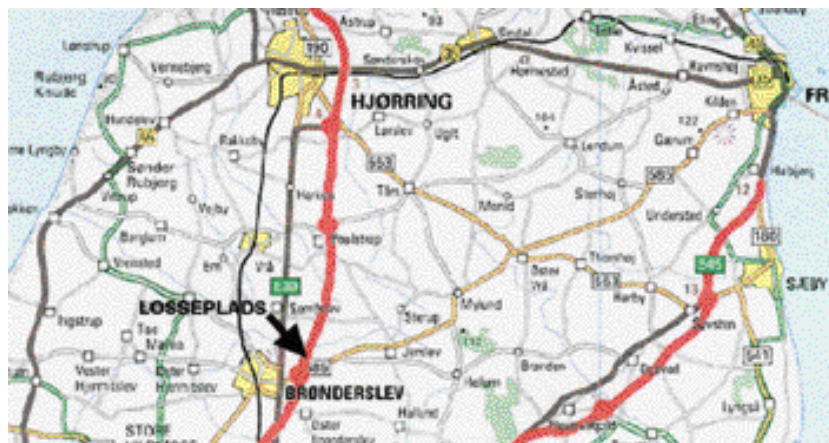
Lossepladsen, der drives af Affaldsselskabet Vendsyssel Vest I/S, er beliggende ved Stadevej umiddelbart nordøst for Brønderslev. Den blev anlagt i 1965. I de første par år blev der deponeret alle former for affald på pladsen.

Jordbunds- og grundvandsforhold

Jorden under og omkring lossepladsen består af tørv over silt og lerholdigt sand i vekslende lagtykkelser. Herunder findes et ca. 5-10 m tykt lerlag, der hidtil har sikret, at grundvandet ikke blev forurenet af nedrivende perkolat. Lerlaget danner grænsen mellem et øvre og et nedre grundvandsmagasin. Vandspejlet i det øvre grundvandsmagasin står inde under lossepladsen op i affaldet, og i det lave sumpområde mellem lossepladsen og Stubdrup Bæk står vandspejlet frit.

Miljømæssige forhold

I forbindelse med projekteringen af motorvejen er der blevet udført omfattende geotekniske og miljøtekniske undersøgelser af lossepladsen. Undersøgelserne viser, at mægtigheden af lossepladsfylden varierer fra 4 til 13 m. Lossepladsfylden består helt overvejende af muldet sand med stærkt varierende indhold af tegl, plastic, beton- og murbrokker samt træ.



Figur 1. Kortudsnit.

Det organiske indhold er generelt mindre end 6%. Det øvre grundvandsspejl er beliggende 8-9 m under terræn.

Det var oprindeligt meningen, at lossepladsfylden skulle fjernes og erstattes med indbygningsejnet fyld, hvilket ville være meget ressourcekrævende og så uforholdsmæssigt dyrt, at andre løsninger blev overvejet.

Den løsning, der blev valgt, var at lade lossepladsfylden ligge og i stedet dybdekomprimere denne. En løsning, der miljømæssigt var langt bedre og ressourcemæssigt og økonomisk af en helt anden og mindre størrelsesorden.

Forudsætningen for at få lov til at bruge denne fremgangsmåde var selvfølgelig, at Nordjyllands Amt var indforstået. Efter supplerende miljøtekniske undersøgelser og analyser, herunder også gas- og perkolatundersøgelser, gav amtet grønt lys under forudsætning af, at man iagttagte visse miljømæssige foranstaltninger over for den nærliggende Stubdrup Bæk.

Stubdrup Bæk (figur 2) er et højt prioriteret vandløb, og for at sikre, at bækken ikke blev påvirket af anlægsarbejdet samt



Figur 2. Stubdrup Bæk.



Figur 3. Faldlodskomprimering.

af de ændringer vejanlægget påfører omgivelserne, forlangte amtet følgende miljømæssige foranstaltninger udført:

- at det sumpområde i ådalen, der virker som et rensningsanlæg for bl.a. udsivende perkolat, og som blev formindsket i forbindelse med vejanlægget,

blev udvidet således, at renseseffekten for udsivende perkolat fra lossepladsen var den samme som før vejanlægget blev etableret.

- at der blev etableret et okkerrensingsanlæg (fældningsbassin) for den blødbund, der blev deponeret i en tilstødende slugt, samt at udløb fra okker-

rensingsanlægget ikke blev ledt til bækken, men til sumpområdet i ådalen.

- at der blev etableret en afskærende grøft samt dræn mellem vejanlægget og lossepladsen, og at afløb fra disse ligeledes blev ledt til sumpområdet.

Ressourcemæssige og økonomiske forhold

En ressourcemæssigt og økonomisk sammenligning mellem udskiftningsløsningen og dybdekomprimeringsløsningen ser i grove træk således ud:

Udskiftningsløsning

- Opgravning af ca. 65.000 m³ lossepladsfyld og deponering af de ca. 45.000 m³
- Indbygning af ca. 45.000 m³ indbygningsegne jordmaterialer til erstatning for lossepladsfylden.
- Tilbagefyldning af ca. 20.000 m³ lossepladsfyld i de kileformede områder mellem den opbyggede dæmning og lossepladsskråningerne.

Den samlede udgift for udskiftningsløsning skønnes at ligge i størrelsesordenen 18-20 mio. kr., idet alene deponeringsafgiften til affaldsselskabet for deponering af de ca. 45.000 m³ lossepladsfyld ville have været ca. 14-15 mio. kr.

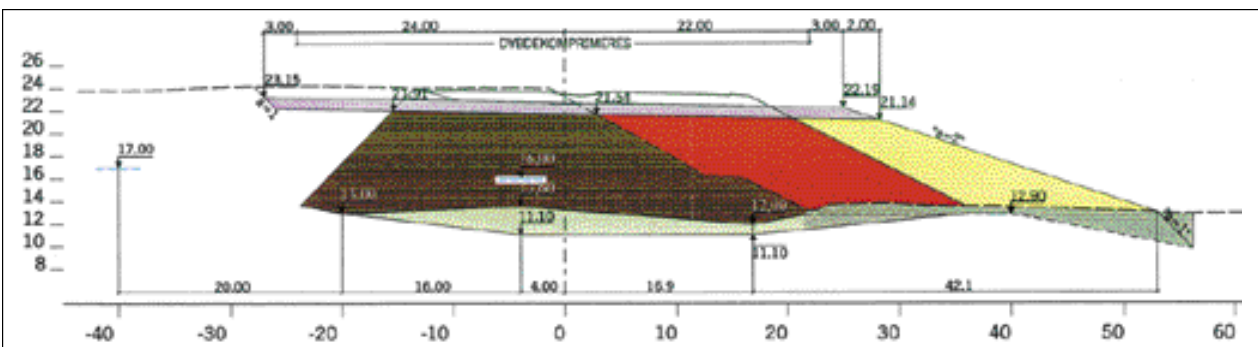
Dybdekomprimeringsløsning

- Etablering af midlertidige dæmninger samt fjernelse af disse.
- Afrømning samt deponering af ca. 4.000 m³ lossepladsfyld.
- Opbygning af fast toplag samt dybdekomprimering.
- Etablering af måleudstyr m.m.

Den samlede udgift for dybdekomprimeringsløsningen ligger i størrelsesordenen 4-5 mio. kr.

Den samlede besparelse andrager således 14-16 mio. kr.

Ud over de åbenlyse økonomiske fordele ved at anvende dybdekomprimering i stedet for udskiftning har de miljømæssige fordele primært været et meget mindre ressource- og energiforbrug.



Figur 4. Tværsnit i losseplads og ny dæmninger.

brun: lossepladsfyld, **lysegrøn:** blødbund der ikke udskiftes, **mørkegrøn:** blødbund der udskiftes, **rød:** permanent motorvejsdæmning, **gul:** midlertidig dæmning, **violet:** fast toplag.

Faldlods-komprimering

Faldlods-komprimering (dybdekomprimering) udføres ved at droppe et tungt lod på jordoverfladen (figur 3). Der anvendes normalt et 10 - 20 tons lod, som falder 10 - 20 m. I Nice Lufthavn har dog været anvendt et 200 tons lod, der faldt 23 m.

Før komprimeringen påbegyndes, indbygges normalt et fast toplag af sand, grus eller skærver. Det sikrer den mest effektive overførsel af loddets energi til jorden.

Komprimeringen sker i flere såkaldte overfarter. Ved hver overfart komprimeres jorden i punkter placeret i et kvadratisk mønster. I hvert komprimeringspunkt droppes faldloddet flere gange. Efter hver overfart bliver komprimeringsarealet afrettet og komprimeret med en tung tromle. Herefter bestemmes arealets sætning ved fladeniveauet.

Komprimeringsdybden, d (m), anslås normalt på grundlag af en simpel erfaringsformel:

$$d = a \times (m \times h)^{1/2}$$

hvor a er en empirisk konstant,
 m er loddets masse (t),
 h er faldhøjden (m).

a varierer erfaringsmæssigt mellem 0,5

og 1,0 i kohæsiøsløse materialer og mellem 0,3 og 0,5 i silt og lerede materialer.

Forsøgs-komprimering

I april 1998 blev der udført forsøgs-komprimering på et 24 x 24 m² areal på lossepladsen.

Forsøgs-komprimeringen blev udført af Per Aarsleff A/S med M.J. Eriksson A/S som underentreprenør. Arbejdet blev udført med en Liebherr 853 med frit faldspil og en lodvægt på 15 tons. Faldhøjden var generelt 15 m. Inden for et mindre område blev faldhøjden dog reduceret til 10 m for at sikre mod deformation af den naturlige lermembran under lossepladsen.

Forsøgsfeltet var opdelt i et 3 x 3 m² net. Det blev komprimeret i 5 overfarter. Ved 1. - 3. overfart blev afstanden mellem de komprimerede punkter trinvis reduceret fra 6 til 3 m. Ved 4. og 5. overfart blev alle punkter i 3 x 3 m² nettet komprimeret. Der blev i alt udført 9 - 10 fald i hvert komprimeringspunkt.

Forsøgs-komprimeringen viste, at det anvendte udstyr næsten kunne komprimere lossepladsfylden til fuld dybde. Komprimeringsdybden var 8 m og arealets sætning 0,8 m.

Miljøtekniske målinger viste, at faldlods-komprimeringen hverken resulterede

i ændringer af perkolatpåvirkningen eller i nævneværdige ændringer af gastykket i lossepladsen.

Produktions-komprimering

Entreprisen blev udført i juni - november 1999 af M.J. Eriksson A/S med Per Aarsleff A/S som underentreprenør.

Før den egentlige faldlods-komprimering blev der udført en række forberedende jordarbejder, som vist på figur 4.

Indledningsvis blev der afrommet lossepladsfyld til 2 m under færdig vej. Formålet var at sikre plads til, at der efter faldlods-komprimeringen kunne opbygges et planum af normal, uorganisk råjord.

Efter udskiftning af blød bund blev den resterende del af motorvejsdæmningen samt 3 midlertidige dæmninger opbygget af råjord fra en nærliggende afgravningsstrækning, suppleret med sand tilført udefra.

De midlertidige dæmninger havde to formål. De skulle muliggøre faldlods-komprimering uden for motorvejens kronekant. Endvidere skulle den midlertidige dæmning mod blødbundsområdet sikre lossepladsens totalstabilitet under faldlods-komprimeringen på en strækning, hvor der findes hældende blødbundslag under lossepladsfylden.

På det etablerede 7.800 m² store lossepladsplateau blev der herefter indbygget et fast toplag af 1 m sand, der overholdt kravene i DS 401 til kornkurven for bundsikringsmaterialer.

Produktions-komprimeringen blev udført efter samme metodik og med samme kran, lodvægt og faldhøjde som forsøgs-komprimeringen.

På figur 5 ses den nordlige del af komprimeringsarealet under 4. overfart.

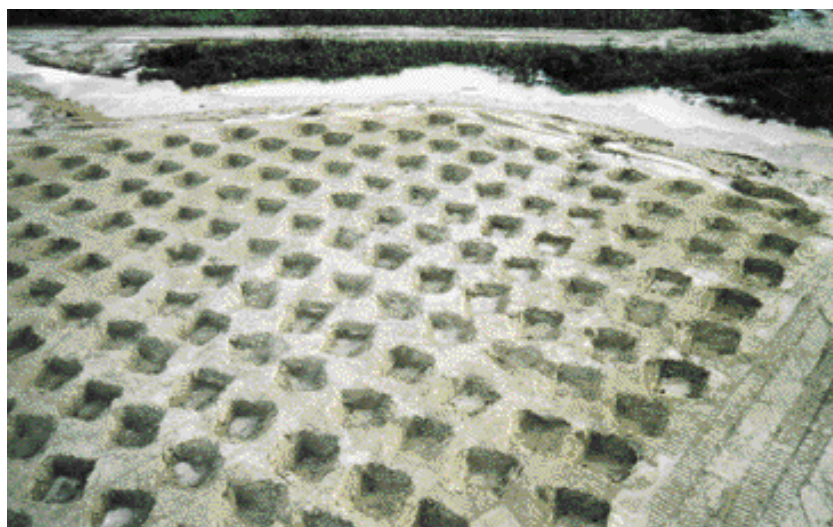
Under 5. overfart var forholdet mellem tilført energi (MNm/m²) og sætning (m) 9, målet var 15. Der blev derfor udført en 6. overfart, som omfattede 3 fald i alle komprimeringspunkter inden for motorvejens kronekant.

Faldlods-komprimeringen blev gennemført på 5 uger. Omfang og resultat af de 6 overfarter er sammenfattet på figur 6.

Efter faldlods-komprimeringen blev materialerne fra de midlertidige dæmninger anvendt til forbelastning af tørvelagene under lossepladsen. Overhøjden andrager 2 m i forhold til færdig vej. Materialerne vil blive anvendt som almindelig dæmningsfyld i den egentlige jordentreprise, som blev påbegyndt i foråret 2000.

Fremtidige sætninger

Der er konstateret en ret beskeden gasproduktion i lossepladsfylden. Gasproduktionen viser, at der stadig foregår organisk omdannelse, som vil resultere i sætninger af den færdige motorvej. Sætningerne forventes at blive beskedne, men det kan ikke udelukkes, at der med tiden vil blive behov for opretning af belægningen.



Figur 5. Komprimeringsområde under 4. overfart.

Overfart nr.	Antal komprimeringspunkter	Antal fald pr. punkt	Tilført energi W_1 (MNm/m ²)	Sætning S (m)	W_1/S
1	190	4	0,25	0,15	1,7
2	177	4	0,23	0,06	3,8
3	371	3	0,36	0,09	4,0
4	738	3	0,72	0,13	5,5
5	738	3	0,72	0,08	9,0
6	389	3	0,72	0,04	18,0
Sum	-	-	3,00	0,55	-

Figur 6. Resultat af produktionskomprimering.