

Underbygning: Jordarter

BN1-8-1

INTERN GODKENDELSE I BANEDANMARK		
	Dato	Underskrift
Samlet	21.06.2005	Jesper Sejerø Hansen
Indhold	16.06.2005	Berit Carlson
Fremstilling	16.06.2005	Lene Tursø-Finnich

BN1 Banenorm

Indholdsfortegnelse

1	INDLEDENDE BEMÆRKNINGER	3
2	IKRAFTTRÆDEN	3
3	OVERGANGSBESTEMMELSER	3
4	REFERENCER	4
5	DEFINITIONER	4
6	ANVENDELSESOMRÅDE	5
7	DISPENSATION	5
8	JORDARTERS KVALITETSKLASSER	5
8.1	K0 UEGNET JORD	6
8.2	K1 DÅRLIG JORD.....	6
8.3	K2 MIDDEL JORD	7
8.4	K3 GOD JORD.....	7
9	RÅJORDSPANUMS BÆREEVNEKLASSER	7
10	KRAV TIL JORDARTER OG RÅJORDSPANUM	8
10.1	NYANLÆG.....	8
10.2	EKSISTERENDE ANLÆG	9
10.3	STØRRE OMBYGNINGER	10
10.4	OPGRADERINGER AF EKSISTERENDE ANLÆG	10
11	BILAG	11
11.1	BILAG 1 MORÆNELER SOM DÆMNINGSFYLD (INFORMATIVT)	11

Deskriptorer:

ballastrensning, blødbund, bæreevneklasse, eksisterende anlæg, jordarter, kvalitetsklasse, nyanlæg, opgradering, råjordsplanum, sporombygning, større ombygninger, underbygning, uroligt spor

1 Indledende bemærkninger

Denne banenorm er udarbejdet for at opsamle de erfaringer, som Banedanmark har med jordarters anvendelighed som underlag for spor. Både jordarterne og råjordsplanum er inddelt i klasser som angivet i [UIC Code 719 "Earthworks and track-bed layers for railway lines", International Union of Railways], men tilpasset dansk praksis. Det er normens mål, at jordbundsforhold under spor skal kunne vurderes på en ensartet måde af en bredere kreds end hidtil.

Banenormen er udarbejdet i henhold til [Banenorm BN2-1-1i "Struktur, udseende og udvikling af Banenormer", Banedanmark], hvor normniveauerne BN1, BN2 og BN3 er defineret.

Udgivet af:

Banedanmark
Amerika Plads 15
2100 København Ø

Fordeling:

Banedanmark, Økonomi, Personale
Dokumenthåndtering
Lumbyesgade 34
7000 Fredericia
Tlf.: 82 27 24 13
E-mail: dokument@bane.dk

2 Ikrafttræden

Denne Banenorm træder i kraft ved udgivelsen.

Banenormen ophæver nedennævnte regler:

- Sporregler, afsnit 3.01.2 "Tværprofil", sidste sætning i 3. tekstafsnit.
- Sporregler, afsnit 3.02.1 "Afgravning", 2.-5. tekstafsnit.
- Sporregler, afsnit 3.02.2 "Påfyldning", 2.-3. tekstafsnit.
- Sporregler, afsnit 3.02.3 "Jordarter".

3 Overgangsbestemmelser

Der gælder nedennævnte overgangsbestemmelser for denne Banenorm:

- For projekter, som ved udgivelsesdatoen af nærværende Banenorm har påbegyndt gennemførelsesfasen i henhold til Banedanmarks fasesystem, gælder, at disse projekter kan vælge at anvende kravene i henhold til hidtil gældende regler eller kravene i nærværende Banenorm.

Overgangsbestemmelserne er gældende fra udgivelsesdatoen for nærværende Banenorm og 1 år frem.

4 Referencer

Nogle steder henviser Banenormen til andre bestemmelser. Enten skrives [bestemmelses navn] eller et nummer [nr.]. Betydningen af nummeret kan findes nedenfor.

Hvis der ikke er nævnt andet, gælder sidst udsendte version af det, der refereres til.

Hvis der ikke er nævnt andet gælder, at referencerne er normative.

[1] Banenorm BN2-1-1i "Struktur, udseende og udvikling af Banenormer m.v.", Banedanmark.

[2] UIC Code 719 "Earthworks and track-bed layers for railway lines, 2. edition, 1.1.1994.", International Union of Railways (Informativ reference).

[3] Bulletin 1: "Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse, juli 1988", Dansk Geoteknisk Forening.

[4] Vejregler: "Udbuds- og anlægskrav for jordarbejder. Almindelig arbejdsbeskrivelse" (AAB), Vejdirektoratet.

[5] DS 415 "Norm for fundering", Dansk Standard.

[6] Sporregler, afsnit 3.02 "Jordarbejder", Banestyrelsen (Fremtidig Banenorm BN1-6 "Tværprofiler for ballasteret spor", Banedanmark).

[7] DS 401 "Norm for sand-, grus- og stenmaterialer", Dansk Standard.

[8] Banenorm BN2-5 "Ballast- og jordprøvetagning i sporkassen", Banedanmark.

[9] Fremtidig Banenorm BN1-11 "Afvanding af sporarealer", Banedanmark.

5 Definitioner

Hovedspor	Det eller de spor, der forbinder to nabostationer.
Jordarter	Defineres som angivet i [3].
Råjordsplanum	Grænsen mellem underballast og den underliggende råjord.
Sidespor	Spor, der ikke er hoved- eller togvejsspor.
Større ombygning	Ballastrensning af skærvelag, fornyelse af underballastlag, svelleudveksling med udstrækning større end 100 m, fornyelse af hele sporstrukturen eller sporsænkning.
Togvejsspor	De spor på en station, hvorfra henholdsvis hvortil der kan stilles signal for ind-, ud- eller gennemkørsel.

Uensformighedstal	U, kornkurvens uensformighed bestemt ved sigtning (d_{60}/d_{10}).
Underbygning	Jordlegeme, hvis øverste begrænsning er råjordsplanum.
Vandindhold (w)	Vandvægt/kornvægt angivet i %
Udrænet forskydningsstyrke	c_u , styrke af ler og silt, som almindeligvis bestemmes ved måling af vingestyrken ved vingeforsøg. For sprækket ler og organiskholdige aflejringer kan vingestyrken ikke bruges direkte.

6 Anvendelsesområde

Banenormen gælder for alle Banedanmarks sporanlæg, hvor der tillades hastigheder $V \leq 250$ km/h og aksellaster op til og med 225 kN.

7 Dispensation

Tilladelse til afvigelse fra gældende BN1-krav i henhold til afsnit 10 kan kun udstedes af den normansvarlige sektionschef i Banedanmark. Dispensationsansøgningen skal på baggrund af en geoteknisk undersøgelse bekræfte, at bæreevne og stabilitet er opfyldt ifølge [5], og at sætningerne er acceptable, dvs. at grænsen for normal vedligeholdelse på 6 mm pr. år ikke overskrides væsentligt. En analyse af anlægs- og levetidsomkostninger skal ligge til grund for, hvilken løsning der søges om tilladelse til. Tilladelse kan gives som permanent.

8 Jordarters kvalitetsklasser

Jordarterne i og under råjordsplanum har en afgørende betydning for sporets bæreevne og stabilitet. Jordarterne er derfor inddelt i klasser i forhold til, hvor egnede de er som underbygning for et spor. Jorden inddeles i 4 kvalitetsklasser:

- K0 uegnet jord
- K1 dårlig jord
- K2 middel jord
- K3 god jord

Hvor der i afsnit 8.2 og 8.3 angives, at de hydrologiske og hydrogeologiske betingelser er gode, menes der, at den øverste del af jorden er over det niveau, der kan blive skadeligt påvirket af det højeste naturlige grundvandsspejl (dvs. der regnes ikke med afvanding), samtidig med at regnvand ledes effektivt væk. Der må heller ikke være nogen skadelig vandstrømning på langs, tværs eller vertikalt i sandet.

Ud over de nedenfor nævnte geotekniske/geologiske krav til jordarter kræver miljølovgivningen, at der ansøges om tilladelse hos miljømyndighederne til anvendelse af forurenede jord som fyld.

8.1 K0 uegnet jord

Følgende jordarter klassificeres som uegnet:

- Tørv og tørvedynd.
- Gytje.
- Ler med udrænet forskydningsstyrke $c_u < 40$ kPa.
- Ler, fedt og meget fedt liggende mindre end 1,2 m under ballastoverside for eksisterende anlæg og mindre end 1,5 m under ballastoverside for nyanlæg.
- Muld, humusrig.
- Ler- og sandmuld, som ikke er i K1.
- Silt (herunder morænesilt) liggende mindre end 1,2 m under ballastoverside.
- Ler, silt og sand, som er stærkt organiskholdigt.
- Fyld af jordarter fra klasse K0.

8.2 K1 dårlig jord

Følgende jordarter klassificeres som dårlig jord:

- Moræneler med udrænet forskydningsstyrke $40 \leq c_u \leq 80$ kPa.
- Ler, som ikke tilhører klasse K0 eller K2.
- Silt, som ikke er i klasse K0.
- Lermuld og sandmuld med vandindhold $w < 25$ %, en samlet lagtykkelse på højst 0,5 m liggende dybere end 1 m under råjordsplanum.
- Sand, som er svagt organiskholdigt eller organiskholdigt.
- Sand med uensformghedstal $U \leq 1,6$.
- Fyld, der ikke tilhører klasse K0, K2 eller K3.
- Sand, stærkt siltet og/eller leret (bortset fra morænesand og -grus) med mere end 15 % silt og/eller ler. Sand, som indeholder mellem 15 % og 40 % silt og/eller ler, kan dog komme i klasse K2, hvis følgende er opfyldt:

- sandet er fri for organisk indhold
- de hydrologiske og hydrogeologiske betingelser er gode
- sandet ligger mere end 1,2 m under ballastoversiden.

8.3 K2 middel jord

Følgende jordarter klassificeres som middel jord:

- Moræneler med udrænet forskydningsstyrke $c_u > 80$ kPa.
- Morænesand og -grus.
- Sand og grus, som indeholder mindre end 15 % silt og/eller ler og med uensformighedstal $U > 1,6$. Sand og grus, der indeholder mindre end 15 % silt og/eller ler med $U > 1,6$, kan dog komme i klasse K3, hvis de hydrologiske og hydrogeologiske betingelser er gode.
- Fyld af jordarter fra klasse K2 og som opfylder komprimeringskravene i [4].

8.4 K3 god jord

Følgende jordarter klassificeres som god jord:

- Morænesand og -grus, som opfylder kornkurvekravene for stabilt grus i [7].
- Fyld af jordarter fra klasse K3 og som opfylder komprimeringskravene i [4].

9 Råjordsplanums bæreevneklasser

Også råjordsplanums bæreevne er inddelt i klasser. Råjordsplanums bæreevne er dels afhængige af de underliggende jordarters kvalitetsklasse, dels af de forbedringer man udfører i råjordsplanum. Råjordsplanums bæreevne inddeles i 2 klasser:

- P1 dårligt råjordsplanum
- P2 middel råjordsplanum

Råjordsplanums bæreevne kan forbedres og derved rykke op i en bedre klasse, hvis jorden lige under råjordsplanum udskiftes med jord af en bedre kvalitet. Dette er beskrevet i figur 9-1.

Kvalitetsklasse af jord i råjordsplanum	Bæreevne af råjordsplanum	Kvalitet af jord, der udskiftes med	Mindste tykkelse af udskiftning
K1	P1	-	-
	P2	K2	0,5 m
	P2	K3	0,20 m ¹⁾
K2	P2	-	-

1: Hvis banen skal trafikeres med hastigheder $V \leq 160$ km/h og en trafikbelastning $T < 20$ mio. bruttoton togvægt årligt, tillades udskiftningstykkelsen nedsat til 0,15 m.

Figur 9-1 Forbedring af råjordsplanums bæreevne.

10 Krav til jordarter og råjordsplanum

Nedenfor er angivet krav til jordarter og råjordsplanum. Hvis det er teknisk umuligt eller økonomisk urimeligt at overholde kravene, kan der søges om dispensation i henhold til afsnit 7.

10.1 Nyanlæg

Ved nyanlæg skal kravene i afsnit 10.1.1 og 10.1.2 være opfyldt.

10.1.1 Jordarter

Der må ikke være jordarter af kvalitetsklasse K0 i eller under råjordsplanum og dæmnin-
ger. Der skal derfor udføres en geoteknisk undersøgelse, der fastlægger jordbundsforhol-
dene til senglaciale aflejringer eller ældre i henhold til [5].

Jord, som skal indbygges i dæmnin-
ger, skal mindst være af kvalitetsklasse K2; dog tillad-
des fyld af moræneler fra klasse K1 anvendt, hvis det kan komprimeres, så det opfylder
komprimeringskravene i [4]. Der må ikke indbygges sten større end 100 mm.

Note 10.1.1-1

Anvendes moræneler som dæmningsfyld, er en vis udtørring ofte nødvendig for at kunne opfylde komprimeringskrave-
ne. Behovet herfor kan vurderes ved en sammenligning mellem det naturlige vandindhold og det optimale bestemt ved
Standard Proctorforsøg jævnfør bilag 1. Muligheden for udtørring forudsætter, at jordarbejdet udføres under gunstige
vejrforhold i sommerhalvåret.

Note 10.1.1-2

Med hensyn til normer vedr. udførelse af jordarbejder henvises til kravene i [6]

Hvis der skal udskiftes jord under grundvandsspejlet (som eventuelt kan være sænket),
skal den nye fyld opfylde kravet til bundsikringsgrus som angivet i [7] med tillægskravet, at
uensformighedstallet skal være $U > 2,5$.

For dæmningshøjder på mere end 5 m skal der med et dæmningsunderlag af lerarter i kvalitetsklasse K1 udføres en stabilitetsberegning, som viser, at stabiliteten er opfyldt ifølge [5].

For dæmninger og afgravningsskrånninger i fedt – eller meget fedt, sprækket ler (f.eks. plastisk ler) skal skråningsanlæg fastlægges ud fra en geoteknisk undersøgelse, idet skråningshældningerne i [6] ikke kan forudsættes at være tilstrækkelige.

10.1.2 Råjordsplanum

Bæreevnen af færdigt råjordsplanum skal mindst være P2 for hovedspor og togvejsspor.

Bæreevnen af færdigt råjordsplanum skal mindst være P1 for sidespor.

10.2 Eksisterende anlæg

Bæreevnen af eksisterende råjordsplanum anses med uændret hastighed og uændret akseltryk at være i orden, såfremt underbygningen har stået i mindst 10 år uden at vise tegn på stabilitetsproblemer - som sætninger, revner eller skred.

Hvis der er tegn på stabilitetsproblemer i sporet ("uroeligt spor"), som skyldes jordarterne under råjordsplanum, skal der foretages en af nedenstående 2 løsninger:

- Hvis årsagen umiddelbart kan forklares med jordarternes kvalitet lige under råjordsplanum (f.eks. ved frosthævninger), skal der foretages udskiftning, så der ikke er jordarter af kvalitet K0 i råjordsplanum.
- Der skal igangsættes sætningsmålinger og eventuelt også sidemålinger for at vurdere, om sætningerne udvikler sig sådan, at der skal foretages en stabilisering. Når sætningshastigheden væsentligt overstiger grænsen for normal vedligeholdelse på 6 mm pr. år, skal der laves en geoteknisk undersøgelse, som indeholder forslag til, hvordan stabiliteten kan forbedres, så bæreevne og stabilitet er opfyldt ifølge [5].

Note 10.2-1

Om stabilitetsproblemer i sporet skyldes jordarterne under råjordsplanum, kan ses ved at udføre et forarbejde som angivet i [8].

Hvis ballast og underballast skal udskiftes, må der ikke være jordarter K0 i og umiddelbart under råjordsplanum.

Hvis der skal udskiftes jord under råjordsplanum, skal der laves en overgangszonzone på langs af sporet mod den del af sporet, hvor der ikke udskiftes under råjordsplanum. Overgangszonen skal udføres i trin af maksimalt 0,25 m højde pr. m i sporets længderetning.

Hvis der skal udskiftes jord under grundvandsspejlet (som eventuelt kan være sænket), skal den nye fyld opfylde kravet til bundsikringsgrus som angivet i [7] med tillægskravet, at uensformighedstallet skal være $U > 2,5$.

Note 10.2-2

For at sikre bæreevnen af råjordsplanum er det væsentligt, at vedligeholdelsen af afvandingsystemet (ballast, grøfter og dræn) er i orden, dvs. overholder kravene i [9].

10.3 Større ombygninger

For større ombygninger gælder kravene i afsnit 10.2.

10.4 Opgraderinger af eksisterende anlæg

10.4.1 Krav til råjordsplanum ved hastighedsforøgelse

I forbindelse med en hastighedsforøgelse skal det sikres, at følgende krav er overholdt:

Hvis der i de sidste 10 år har været tegn på stabilitetsproblemer i sporet ("uroeligt spor"), som skyldes jordarterne under råjordsplanum, skal forholdene forbedres, så bæreevne og stabilitet er opfyldt ifølge [5].

Note 10.4.1-1

Om stabilitetsproblemer i sporet skyldes jordarterne under råjordsplanum, kan ses ved at udføre et forarbejde som angivet i [8].

Hvis der skal foretages en udskiftning af ballast og underballast, må der ikke være jordarter K0 i og umiddelbart under råjordsplanum.

Hvis der skal udskiftes jord under grundvandsspejlet (som eventuelt kan være sænket), skal den nye fyld opfylde kravet til bundsikringsgrus som angivet i [7] med tillægskravet, at uensformighedstallet skal være $U > 2,5$.

Hvis hastigheden forøges fra en hastighed $V \leq 160$ km/h til en hastighed $160 < V \leq 200$ km/h, må der ikke være jordarter K0 i råjordsplanum.

Hvis hastigheden forøges til hastigheder $V > 200$ km/h, skal kravene i afsnit 10.1 være opfyldt.

10.4.2 Krav til råjordsplanum ved forøgelse af aksellast

Kravene er endnu ikke fastsat.

11 Bilag

11.1 Bilag 1 Moræneler som dæmningsfyld (Informativt)

Mulighederne for indbygning af moræneler vurderes ved en sammenligning mellem det naturlige vandindhold, w , og det optimale vandindhold, w_{opt} , bestemt ved Standard Proctorforsøg, idet der f.eks. kan anvendes følgende kriterier:

$w - w_{opt} \leq 4 \%$	Leret kan indbygges under praktisk taget alle forhold, dvs. det er anvendeligt.
$4 < w - w_{opt} \leq 8 \%$	Leret kan indbygges efter nogen udtørring, dvs. det er betinget anvendeligt.
$8 < w - w_{opt}$	Leret kan kun indbygges efter en kraftig udtørring. Med danske vejrforhold må det som regel kasseres, dvs. det er uanvendeligt/betinget anvendeligt.

Morænelers anvendelighed kan også vurderes ud fra flydegrænse, w_l , og plasticitetsindeks, I_p . Sammenhørende værdier af flydegrænse, w_l , og plasticitetsindeks, I_p er vist på fig. 11 i [3]. For moræneler vil værdierne altid ligge over A-linien.

Anvendeligt moræneler vil typisk have plasticitetsindeks $I_p \leq 10 \%$ og flydegrænse $w_l \leq 25 \%$.

Betinget anvendeligt moræneler vil typisk have plasticitetsindeks $10 < I_p < 15 \%$ og en flydegrænse $20 < w_l \leq 30 \%$. Denne type moræneler falder i fig. 11 i kategorien CL.

Moræneler med plasticitetsindeks $I_p > 15 \%$ og en flydegrænse $w_l > 30 \%$ vil som regel blive karakteriseret som uanvendeligt, eventuelt betinget anvendeligt. Denne type moræneler falder i fig. 11 i kategorien CM.