



Udgivet: 26.04.2019  
Godkendt: 26.04.2019  
Antal sider i alt: 36

Overordnet ansvar: Michael Borre  
Ansvar for indhold: Jens Michael Toft  
Ansvar for fremstilling: Martin Moth

Tværfiler for ballasteret spor

# Letbanenorm LBN1-6-2

# INDHOLD

1.	INDLEDNING	4
2.	IKRAFTTRÆDEN	4
3.	OVERGANGSBESTEMMELSER	4
4.	REFERENCER	5
5.	DEFINITIONER	7
6.	DESKRIPTORER	10
7.	ANVENDELSESOMRÅDE	10
8.	DISPENSATION	10
9.	HISTORIK	12
10.	LBN1, SIKKERHEDSMÆSSIGE KRAV	13
10.1	Funktionsmæssige krav	13
10.2	Tekniske krav	13
10.2.1	<i>Minimumskrav for eksisterende tværprofiler</i>	13
10.2.2	<i>Minimumskrav i forbindelse med midlertidige udgravninger i banens tværprofil</i>	16
10.2.3	<i>Minimumskrav i forbindelse med større ombygninger, opgraderinger og nyanlæg</i>	17
10.2.4	<i>Minimumskrav i forbindelse med brorenovering</i>	20
10.2.5	<i>Ballastmætter</i>	20

11.	LBN2, VEDLIGEHOLDELSE	22
12.	LBN2, STØRRE OMBYGNINGER	24
13.	LBN2, OPGRADERING	29
13.1	Hastighedsforøgelse	29
13.2	Forøgelse af aksellast	29
14.	LBN2, BRORENOVERING	30
15.	LBN2, NYANLÆG	31
15.1	Etablering af ny banetracé	31
15.2	Udbygning af banetracé langs eksisterende spor	35

## 1. INDLEDNING

---

Det er formålet med Letbanenormen at sikre den nødvendige og tilstrækkelige sikkerhed og funktionalitet af banens tværprofil såvel for eksisterende sporanlæg som for nye sporanlæg.

Letbanenormen indeholder krav til banens tværprofil for eksisterende anlæg, i forbindelse med vedligeholdelse, ved større ombygninger, ved opgradering, ved brorenovering samt ved nyanlæg.

Letbanenormen er udarbejdet i henhold til [21], hvori normniveauerne LBN1, LBN2 og LBN3 er defineret.

Det skal specielt bemærkes, at LBN1-krav er minimumskrav, og at der som regel er fastsat skærpede LBN2-krav. Disse LBN2-krav skal generelt overholdes, mens LBN1-krav alene må anvendes efter tilladelse i henhold til afsnit 8.

### **Udgivet af:**

Aarhus Letbane  
P Hiort-Lorenzensvej 71-95  
8000 Aarhus C

## 2. IKRAFTTRÆDEN

---

Denne Letbanenorm træder i kraft ved udgivelsen.

Denne Letbanenorm ophæver LBN1-6-1.

## 3. OVERGANGSBESTEMMELSER

---

For Odderbanen, jf. [18], gælder at:

- Alle krav om forhøjet ballastskulder først træder i kraft ved førstkommande ballastsupplering på strækningen efter udgivelsen af denne norm.
- Alle krav om underballastens tykkelse,  $U_t$ , accepteres ændret til  $U_t \geq 0,1\text{m}$  frem til førstkomne ballastudskiftning på strækningen efter udgivelsen af denne norm.

For alle spor gælder, at indtil [22] er godkendt, regnes emner hvor der refereres til [22] som værende ikke gyldige. Dette omhandler alene krav for udgravning i nærheden af eller i relation til broer og andre konstruktioner, se første punkt i punktopstilling i note 10.2.2-1, samt krav til fald af hensyn til afvanding ved nye sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, se note 5 til figur 10.2.3-2.

Indtil [22] er godkendt må der ikke foretages udgravninger i nærheden af eller i relation til broer og andre konstruktioner, ligesom der ikke må opføres nye sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner.

Det er for nuværende kun tilladt, at anvende denne norms afsnit og beskrivelser som omhandler drift og vedligehold, omfattende arbejde der forekommer under planlagt vedligehold og fejlretning, som kan ske med komponentudskiftning 1:1. Alle andre afsnit og beskrivelser må ikke benyttes, og aktiviteter, der omtales her, skal indtil denne bestemmelse bortfalder, betragtes som signifikante og behandles i henhold til Aarhus Letbanes procedure for ændringer ID116..

#### 4. REFERENCER

Nogle steder henviser Letbanenormen til andre bestemmelser. Disse henvisninger er angivet ved en reference [referencenr.]. Betydningen af referencen kan læses nedenfor. Hvis der ikke er nævnt andet, gælder sidst udsendte version af det dokument, der henvises til.

Kommende normer er angivet i parentes (rund). Referencer til kommende normer er først gyldige, når pågældende norm er trådt i kraft.

Med mindre andet er nævnt gælder, at referencer er normative på LBN1- eller LBN2-niveau afhængig af den sammenhæng, de optræder i.

Nogle af denne Letbanenorms krav kan være en skærpelse af regler angivet i referencelisten. I så fald er reglerne i referencelisten ikke gældende med hensyn til netop disse krav.

- [1] Letbanenorm LBN1-38 "Sporbeliggenhedskontrol og sporkvalitetsnormer", Aarhus Letbane.
- [2] Aarhus Letbanes Kørestrømsinstruks (LKI)", Aarhus Letbane.
- [3] Letbanenorm LBN2-4 "Ballastlaget, vedligeholdelse og fornyelse", Aarhus Letbane.
- [4] Letbanenorm LBN2-5 "Ballast- og jordprøvetagning i sporkassen", Aarhus Letbane.
- [5] Letbanenorm LBN2-19 "Ballast og underballast. Materialekrav", Aarhus Letbane.
- [6] Letbanenorm LBN1-11 "Afvanding af sporarealer", Aarhus Letbane.
- [7] Letbanenorm LBN1-13 "Ledningsanlæg på Aarhus Letbanes arealer", Aarhus Letbane.

- [8] Letbanenorm LBN2-93 "Absolut beliggenhed og fast afmærkning af sporets tracé", Aarhus Letbane.
- [9] TM01 "Geotekniske regler knyttet til tværprofiler for ballasteret spor", Aarhus Letbane. (Fremtidig Letbanenorm LBN1-185 "Underbygning. Krav til beliggenhed", Aarhus Letbane.)
- [10] TM01 "Geotekniske regler knyttet til tværprofiler for ballasteret spor", Aarhus Letbane. (Fremtidig Letbanenorm LBN1-188 "Beregningsforskrift for underbygninger, skråninger og jordkonstruktioner", Aarhus Letbane.)
- [11] TM02 "Afstivning af spor", Aarhus Letbane.
- [12] Letbanenorm LBN1-154 "Sporafstand og frispormærker", Aarhus Letbane.
- [13] Vejregler: "Udbuds- og anlægsforskrifter. Stabilt grus. Almindelig arbejdsbeskrivelse (AAB)", version af 28.11.2003, Vejdirektoratet, Vejreglerrådet.
- [14] Vejregler: "Udbuds- og anlægsforskrifter. Bundsikring af sand og grus. Almindelig arbejdsbeskrivelse (AAB)", version af 28.11.2003, Vejdirektoratet, Vejreglerrådet.
- [15] DS/EN 14363:2016 "Railway applications – Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – Testing of running behaviour and stationary tests, 21.4.2016", CEN.
- [16] Letbanenorm LBN1-66 "Langskinnesor. Spændingsudligning og indgreb i spændingsudlignet spor", Aarhus Letbane.
- [17] DIN 45673-5:2010 "Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 5: Labor-Prüfverfahren für Unterschottermatten", Deutsches Institut für Normung.
- [18] Letbanenorm LBN1-402 "Traceringsregler", Aarhus Letbane.
- [19] Permanent Way - Load Calculation Report Ballasted Track, version 02.00 af 16.01.2018, ASAL-GCF-135-00504
- [20] Permanent Way - Destressing operation and fishplate gap, version 02.00 af 8.9.2017, ASAL-GCF-135-00511
- [21] Letbanenorm LBN2-1 "Struktur, udseende og udvikling af Letbanenormer", Aarhus Letbane.
- [22] Letbanenorm LBN1-59 "Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner", Aarhus Letbane.

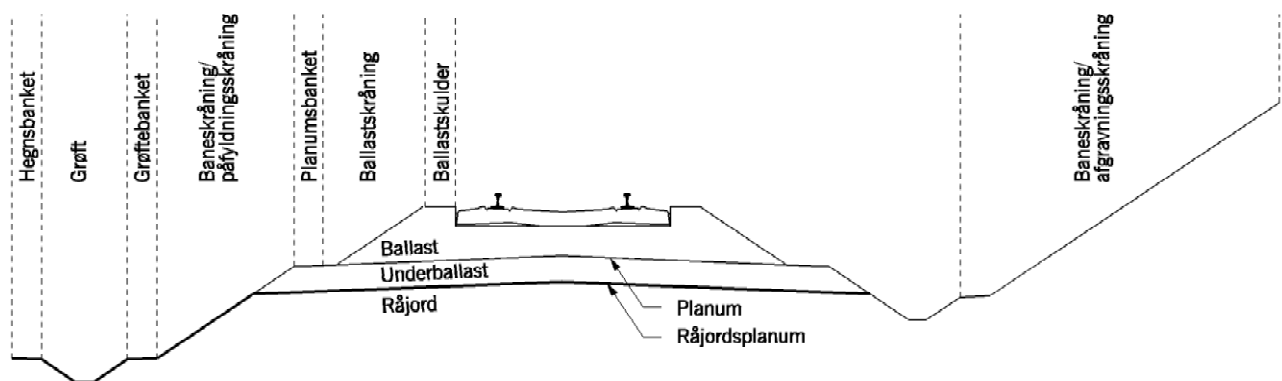
## 5. DEFINITIONER

---

I denne Letbanenorm gælder følgende definitioner:

<b>Betegnelse</b>	<b>Definition</b>
Anlæg af skråning	Skråningens projektion på vandret akse divideret med skråningens projektion på lodret akse.
Ballast	Betegnelse for den del af et tværprofil, som svellerne er placeret i. Ballasten består af skærver eller grus.
Ballastmåtte	Måtte af elastisk materiale, som kan placeres nederst i ballastlaget med henblik på at øge elasticiteten i ballastlaget.
Baneskråning	Dæmningsskråning/påfyldningsskråning eller afgravningsskråning.
Fri bane	Benyttes som sporbenævnelse mellem stationer. Den del af banestrækningen, der ligger uden for stationsgrænsen. Begrebet fri bane finder anvendelse for spor i eget trace. Alle spor i særligt og delt trace skal i forbindelse med læsning af denne norm opfattes som fri bane.
Myndighed	Den til enhver tid gældende myndighed på jernbane og letbane området i Danmark.
Nyanlæg	Udførelse af ny banetracé eller udbygning af eksisterende banetracé.
Opgradering	Betegnelse for hastighedsforøgelse eller forøgelse af aksellasten.
Overbygning	Den del af tværprofilet, hvis underste begrænsning er råjordsplanum. Overbygningen består af underballast, ballast, sveller, skinner og befæstelsesdele.
Planum	Overkant af underballast.
Råjordsplanum	Grænsen mellem underballast og den underliggende råjord.
Sidespor	Benyttes som sporbenævnelse på stationer. Spor som ikke er togvejsspor kaldes sidespor.
Større ombygning	Fornyelse eller rensning af skærvelag undtagen i forbindelse med broreoveringsopgaver, fornyelse af underballastlag, svelleudveksling med udstrækning større end 100 m, fornyelse af hele sporkonstruktionen eller sporsænkning.
Togvejsspor	Benyttes som sporbenævnelse på stationer. Togvejsspor er spor hvortil eller hvorfra, der kan stilles signal.

Type 1 infrastruktur	Der findes to forskellige typer af infrastruktur på Aarhus Letbanes netværk. De to forskellige typer benævnes Type 1 infrastruktur og Type 2 infrastruktur. De to typer infrastruktur stiller forskellige krav på grænsefladen mod det rullende materiel. Det fremgår af [18], hvilke strækninger, der er Type 1 infrastruktur.
Type 2 infrastruktur	Der findes to forskellige typer af infrastruktur på Aarhus Letbanes netværk. De to forskellige typer benævnes Type 1 infrastruktur og Type 2 infrastruktur. De to typer infrastruktur stiller forskellige krav på grænsefladen mod det rullende materiel. Det fremgår af [18], hvilke strækninger, der er Type 2 infrastruktur.
Underballast	Betegnelse for den del af et tværprofil, som ligger umiddelbart under ballastlaget. Underballasten består typisk af grus.
Underbygning	Jordlegeme, hvis øverste begrænsning er råjordsplanum.
Uroligt spor	Lokaliteter, hvor der er behov for midlertidige hastighedsnedsættelser eller sporjusteringer flere gange inden for 1 år for at overholde grænseværdierne i fejlklasse Max iht. [1].

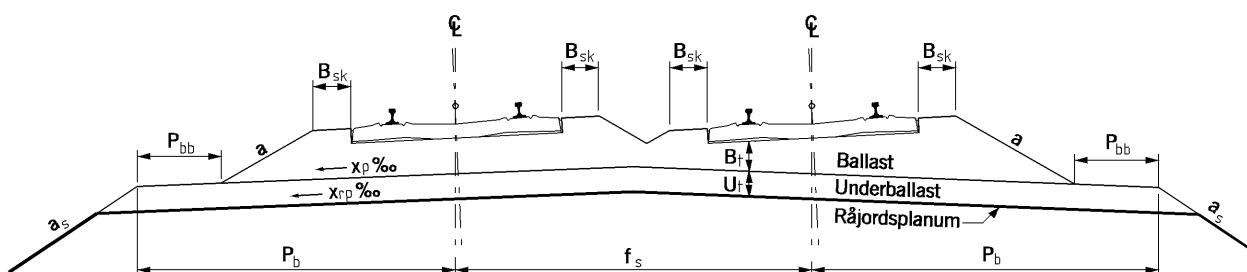


Figur 5-1. Principtegning for tværprofil med betegnelser



I denne Letbanenorm gælder følgende symboler:

Symbol	Definition
A	Maksimal statisk aksellast i sporet [ton].
a	Anlæg af ballastskråning i forhold til vandret.
a <sub>s</sub>	Anlæg af baneskråning i forhold til vandret.
B <sub>sk</sub>	Ballastskulderens bredde målt fra oversiden af svelleende til ballastens øverste skråningskant parallelt med SO-planet [m].
B <sub>t</sub>	Ballastlagets tykkelse under svelleunderside målt i et lodret snit under den af de to skinnestrege, hvor tykkelsen er mindst [m].
f <sub>s</sub>	Sporafstand [m].
h	Højde af ballastskulder over svelleoverkant [m].
L	Længde af svelle [mm].
P <sub>b</sub>	Planumsbredde [m].
P <sub>bb</sub>	Planumsbanketbredde [m].
T	Bruttotonbelastning [bruttoton togvægt].
U <sub>t</sub>	Underballastens tykkelse [m].
V	Maksimal hastighed i sporet [km/h].
X <sub>p</sub>	Hældning af planum [o/oo].
X <sub>rp</sub>	Hældning af råjordsplanum [o/oo].



Figur 5-2. Principtegning for tværprofil med symboler

## 6. DESKRIPTORER

Afgravning, afvanding, aksellast, ballast, ballastrensning, ballastskulder, ballastskærver, bro, brorenovering, dæmning, frost, hastighedsforøgelse, nyanlæg, opgradering, planum, planumsbanket, sideforskydningsmodstand, skråning, skærver, spor, sporfornyelse, sporombygning, sporskifte, sporsænkning, større ombygning, svelleudveksling, tværprofil, udgravning, underballast, vedligeholdelse.

## 7. ANVENDELSESOMRÅDE

Letbanenormen gælder for alle i drift værende ballasterede spor under Aarhus Letbanes ansvar som infrastrukturforvalter, hvor der tillades følgende kombinationer af hastighed samt aksellast:

- Hastighed  $V \leq 100$  km/h samt aksellast  $A \leq 22,5$  tons.

Letbanenormen er gældende for sporkonstruktioner, hvor der anvendes træsveller med længde på 2600 mm eller betonsveller med længde på mindst 2200 mm og maksimalt 2600 mm eller stålsveller. Letbanenormen er endvidere gældende for sporskifter med træ- eller betonsveller med længde på mindst 2020 mm og maksimalt 5500 mm.

Letbanenormen skal anvendes:

- I forbindelse med vedligeholdelse af eksisterende tværprofiler.
- Ved midlertidige udgravninger i eksisterende tværprofiler.
- Ved større ombygninger, opgradering, brorenovering og nyanlæg.

Normen omfatter to forskellige typer infrastruktur, type 1 og type 2, jf. afsnit 5.

Proces for ændringer i infrastrukturen fremgår af Aarhus letbanes ledelsessystem, hvor til der henvises.

## 8. DISPENSATION

Dispensationer fra gældende LBN1-krav kan kun gives af den normansvarlige chef i Aarhus Letbane efter godkendelse af myndigheden.

Dispensationer fra gældende LBN2-krav kan kun gives af den normansvarlige chef i Aarhus Letbane.

Endvidere fremgår proces for dispensation fra tekniske regler af Aarhus Letbanes ledelsessystem, hvor til der henvises.

Tilladelse til afvigelse fra LBN2-krav gives ikke generelt, men kun lokalt, f.eks. omkring broer, ved sporskifter, perroner og i lignende tilfælde. Denne tilladelse gives kun, såfremt overholdelse af disse regler vil være umulig eller give meget væsentlige konsekvenser, og der ikke sker en forøget risiko for frostproblemer i forhold til eksisterende niveau.

Tilladelse til afvigelse på op til 0,10 m fra mindstekrav til ballastskulderbredden for  $V \leq 100$  km/h i henhold til figur 10.2.1-2 og figur 11-2 gives kun af den normansvarlige chef i Aarhus Letbane, og kun såfremt ballastskulderen forhøjes med det samme antal cm, se illustration i figur 10.2.1-1. Tilladelsen forudsætter endvidere:

- Registrering af, hvor der skal være forhøjet ballastskulder.
- Sikring af, at der ved sporjustering og andre sporvedligeholdelsesarbejder ikke sker en forringelse af den forhøjede ballastskulder.
- Sikring af, at der ved både de månedlige og ved de årlige linjesyn medbringes oplysninger om, hvor der skal være forhøjet ballastskulder.
- Øjeblikkelig retablering af den forhøjede ballastskulder, hvis det konstateres, at den ikke er som foreskrevet.

## 9. HISTORIK

---

I forhold til version LBN1-6-1 er der indarbejdet rettelser som følge af vilkår i Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens afgørelse om tidsbegrænset godkendelse af tekniske sikkerhedsregler til fase 1 af Aarhus Letbane. De væsentligste ændringer er følgende:

- Præcisering af overgangsbestemmelser i afsnit 3
- Opdatering af referencer i afsnit 4
- Ændring af ukorrekte henvisninger til bilag 1.

## 10. LBN1, SIKKERHEDSMÆSSIGE KRAV

### 10.1 Funktionsmæssige krav

Tværprofilet skal have en funktion, der sikrer:

- At forudsætningerne er til stede for, at sporbeliggenheden til enhver tid kan overholde kravene i [1].
- For type 2 infrastruktur, jf. [18]: At forudsætningerne er til stede for, at sporet til enhver tid kan optage dels kræfterne fra det rullende materiel i henhold til kravene i [15] dels temperaturkræfterne i langskinnespor i henhold til kravene i [16].
- For type 1 infrastruktur, jf. [18]: At forudsætningerne er til stede for, at sporet til enhver tid kan optage dels kræfterne fra det rullende materiel og temperaturkræfterne som anført i [19] og [20].

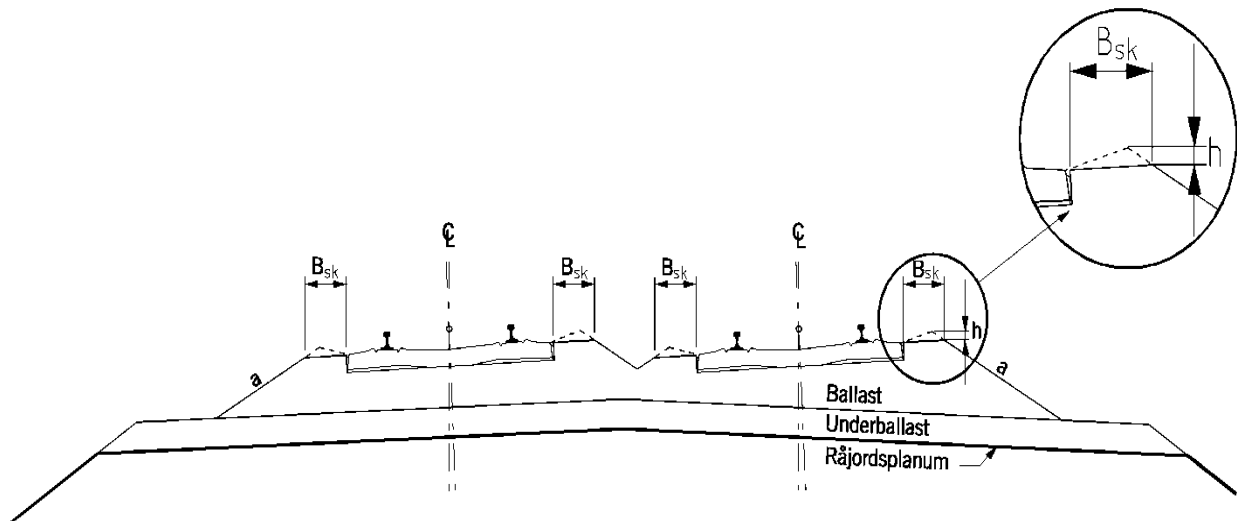
### 10.2 Tekniske krav

#### 10.2.1 Minimumskrav for eksisterende tværprofiler

Det skal specielt bemærkes, at nedenstående LBN1-krav er minimumskrav, og at der er fastsat skærpede LBN2-krav i henhold til afsnit 11, 12, 13, 14 og 15. Disse LBN2-krav skal generelt overholdes, mens nedenstående LBN1-krav alene må anvendes efter tilladelse i henhold til afsnit 8.

Minimumskrav til tværprofiler fremgår af figur 10.2.1-1 og 10.2.1-2. Kravene er gældende for både enkelt- og dobbeltsporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog kan udelades.

Minimumskravene skal til enhver tid være opfyldt, med mindre der er tale om midlertidige udgravninger i banens tværprofil. Betingelser for midlertidige udgravninger fremgår af afsnit 10.2.2.



Figur 10.2.1-1 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

Figur 10.2.1-2 Minimumskrav til tværprofiler

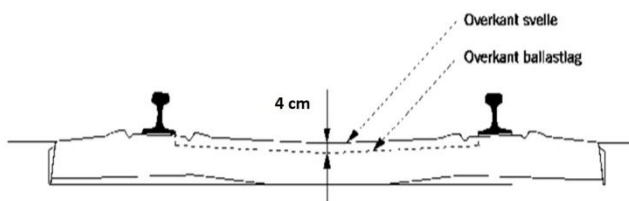
Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for fri bane og togvejsspor
Ballastskulderens bredde ( $B_{sk}$ ) <sup>1)</sup>	0,30 m	0,40 m <sup>2)</sup>
Anlæg af ballastskråning ( $a$ ) <sup>1)+3)</sup>	1,25	1,25

- 1: Ved en stationær og stabil sidevægts begrænsning forårsaget af en fast konstruktion, der som minimum har en højde svarende til overkanten af svellen, tillades bredden af ballastskulderen reduceret indtil  $B_{sk} = 0,125$  m, og anlægget af ballastskråningen tillades lodret.
- 2: For langskinnespor beliggende i fri bane og togvejsspor med 60 kg/m-skiner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til  $h = 0,10$  m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er  $R < 400$  m, b) Monoblokbetonsveller af typen B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er  $R < 325$  m, c) Træsveller med overbygning Cr og Cf når radius i cirkelbuer er  $R < 560$  m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1.
- 3: På stationsområder, hvor det omgivende terræn er beliggende i niveau med overkanten af svellerne, tillades anlægget af ballastskråningen lodret.

Hvis der anvendes forhøjet ballastskulder, skal der foretages følgende:

- Registrering af, hvor der skal være forhøjet ballastskulder.
- Sikring af, at der ved sporjustering og andre sporvedligeholdelsesarbejder ikke sker en forringelse af den forhøjede ballastskulder.
- Sikring af, at der ved både de månedlige og ved de årlige linjesyn medbringes oplysninger om, hvor der skal være forhøjet ballastskulder.
- Øjeblikkelig retablering af den forhøjede ballastskulder, hvis det konstateres, at den ikke er som foreskrevet.

Ballastlagets overkant i området mellem sveller og skinner må maksimalt være sænket 4 cm under overkanten af svellerne, som illustreret på figur 10.2.1-3. Ballastlagets overkant uden for skinnerne mellem svellerne og ved ballastskuldrene skal følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan.



Figur 10.2.1-3 Illustration af sænket ballastlag mellem sveller og skinner

I forbindelse med kontrol af tværstangen på to-blok sveller af typen Rs, Sl, Slg eller S75 tillades overkanten af ballastlaget mellem hver af de to blokke på to-bloksvellerne sænket indtil halvdelen af svellehøjden. Dette kræver dog, at ballastskulderen i begge sider af sporet er forhøjet til  $h = 0,10$  m samtidig med, at bredden af ballastskulderen er mindst  $B_{sk} = 0,40$  m for hastighedsintervallet  $V \leq 100$  km/h.

Hvis der konstateres uroligt spor, og dette ikke skyldes afvandingen, jævnfør krav i [6], eller vedligeholdelsen af ballastlaget, jævnfør krav i [3], skal lagtykkelserne  $B_t$  og  $U_t$  for det urolige spor undersøges, og krav i figur 10.2.3-2 sikres overholdt.

Note 10.2.1-1

Uroligt spor kan være en konsekvens af urolig underbygning. For krav i relation til urolig underbygning henvises til [9].

## 10.2.2 Minimumskrav i forbindelse med midlertidige udgravninger i banens tværprofil

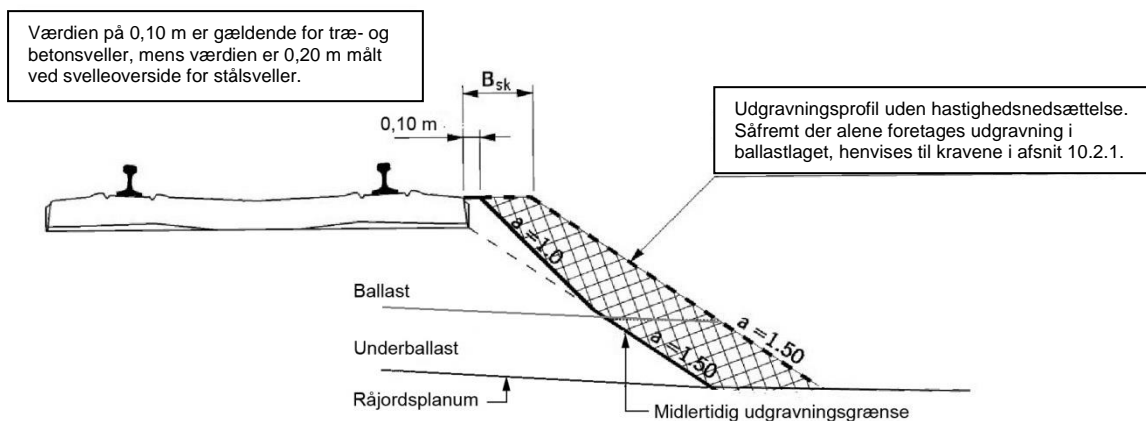
Figur 10.2.2-1 angiver minimumskrav til tværprofiler vedr. ballastskulderens bredde og anlæg af ballastskråning over råjordsplanum i forbindelse med midlertidige udgravninger.

Såfremt minimumskrav i figur 10.2.2-1 ikke kan overholdes, skal udgravningen foretages i spærning, eller sporet skal afstives i henhold til krav i [11].

### Note 10.2.2-1

Med hensyn til krav for udgravninger under råjordsplanum henvises til krav i [9]. Med hensyn til krav for udgravning i nærheden af eller i relation til:

- Broer og andre konstruktioner henvises til [22]
- Skråninger og jordkonstruktioner henvises til krav i [9] og [10].
- Køreledningsmaster henvises til krav i [2].
- Afvandingsanlæg herunder dræn henvises til krav i [6].
- Ledningsanlæg henvises til krav i [7].



Figur 10.2.2-1 Minimumskrav til tværprofiler i forbindelse med midlertidige udgravninger

Spor beliggende i kurver med radius  $R \leq 1000$  meter skal spærres i forbindelse med udgravninger i det skråverede felt på figur 10.2.2-1.

For spor beliggende på ret spor eller i kurver med radius  $R > 1000$  meter, tillades der midlertidigt udgravning i det skråverede felt på figur 10.2.2-1, såfremt alle nedennævnte krav er opfyldt:

- Hastigheden skal nedsættes i henhold til kravene i figur 10.2.2-2. Ved udgravning i det skråverede areal i henhold til figur 10.2.2-1 skal tilstanden være kortvarig og maksimalt et døgn.
- Det angivne udgravningsprofil må kun anvendes, når der er truffet foranstaltninger til at imødekomme eventuelle temperaturkræfter.



- Der skal foretages en stadig overvågning af sporets stabilitet, da stabiliteten er reduceret ved udgravningen.

**Figur 10.2.2-2 Maksimal hastighed i forbindelse med midlertidig udgravning**

Udgravningslængde	Maksimal hastighed
≤ 10 m	80 km/h
> 10 m	40 km/h

I forbindelse med en midlertidig udgravning i banens tværprofil gælder, at største tilladelige hastighed efter afsluttet arbejde skal fastsættes ud fra kravene "Efter vedligeholdelsesjustering" i [1].

### 10.2.3 Minimumskrav i forbindelse med større ombygninger, opgraderinger og nyanlæg

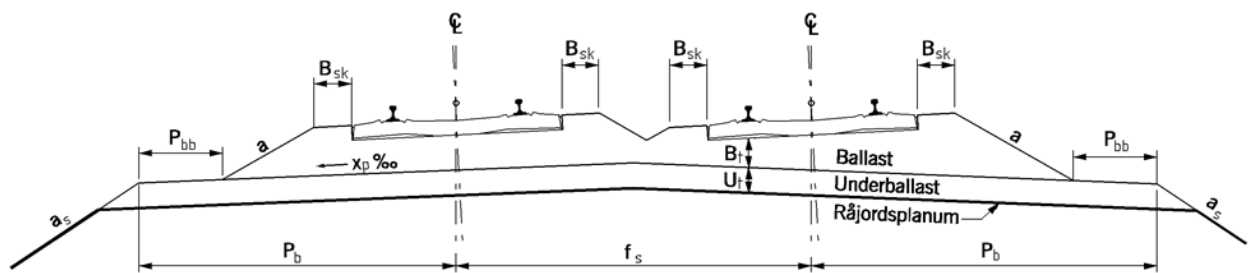
Det skal specielt bemærkes, at nedenstående LBN1-krav er minimumskrav, og at der for flere elementer er fastsat skærpede LBN2-krav i henhold til afsnit 12, 13 eller 15. Disse LBN2-krav skal generelt overholdes, mens nedenstående LBN1-krav alene må anvendes efter tilladelse i henhold til afsnit 8.

Større ombygninger, opgraderinger og nyanlæg skal udføres således, at de funktionsmæssige krav i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

I forbindelse med udførelse af større ombygninger, opgraderinger og nyanlæg skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan.

Ved større ombygninger og nyanlæg fremgår minimumsmålne for tværprofiler af figur 10.2.3-1 og 10.2.3-2. Kravene til tværprofiler er gældende for både enkelt- og dobbeltsporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog tillades udeladt. For enkeltsporede baner tillades knæpunkterne i planum og råjordsplanum dog placeret under spormidten. Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane fremgår af figur 5-1.

Forud for større ombygninger skal det eksisterende ballastprofil undersøges. Dette med henblik på at kunne gøre de nødvendige tiltag i projekteringsfasen for at overholde kravene i henhold til figur 10.2.3-1 og 10.2.3-2.



Figur 10.2.3-1 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

**Figur 10.2.3-2 Krav til tværprofiler ved større ombygninger, opgraderinger og nyanlæg**

Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for fri bane og togvejsspor
Ballastskulderens bredde ( $B_{sk}$ ) <sup>1)</sup>	0,30 m	0,40 m <sup>8)</sup>
Anlæg af ballastskråning ( $a$ ) <sup>1+3)</sup>	1,5	1,5
Ballastens tykkelse ( $B_t$ )	0,30 m <sup>6+7+10+11)</sup>	0,30 m <sup>6+7+11)</sup>
Underballastens tykkelse ( $U_t$ ) <sup>2)</sup>	0,10 m	0,15 m <sup>9)</sup>
Planumsbredde ( $P_b$ ) <sup>3)</sup>	3,00 m <sup>4)</sup>	3,00 m <sup>4)</sup>
Hældning af planum ( $X_p$ ) <sup>5)</sup>	40 o/oo	40 o/oo

- 1: Ved en stationær og stabil sideværts begrænsning forårsaget af en fast konstruktion, der som minimum har en højde svarende til overkanten af svellen, tillades bredden af ballastskulderen reduceret indtil  $B_{sk} = 0,125$  m, og anlægget af ballastskråningen tillades lodret.
- 2: For betonsveller er værdien baseret på en nominal svellelængde  $2500 \leq L \leq 2600$  mm. For betonsveller på type 2 infrastruktur, jf. [18], med  $L < 2500$  mm gælder, at værdien i figuren skal forøges med mindst  $(2500 - L)/2$ . Dette er dog ikke gældende for sporskifter.
- 3: På stationsområder, hvor det omgivende terræn er beliggende i niveau med overkanten af svellerne, tillades anlægget af ballastskråningen lodret, og planumsbredden tillades reduceret til  $P_b = 1,6$  m for sidespor og  $P_b = 2,7$  m for fri bane og togvejsspor.
- 4: På steder, hvor eksisterende planumsbredde er indtil 0,30 m mindre, tillades eksisterende planumsbredde bibeholdt.
- 5: Værdien er alene gældende ved fornyelse af hele ballastlaget eller nyanlæg dog ekskl. spor på sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner. I forbindelse med fornyelse på eksisterende sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner gælder, at eksisterende hældning af planum tillades bibeholdt, mens der ved nye sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner henvises til kravene i [22] vedr. fald af hensyn til afvandning. Hvis ikke der er anført specifikke krav for denne parameter i [22], er værdien 20 o/oo gældende."
- 6: For type 1 infrastruktur, jf. [18], gælder værdien 0,25 m. For både type 1 og type 2 infrastruktur, hvor belastningen er  $T \leq 2$  mio. bruttototogvægt årligt, tillades ballastens tykkelse reduceret indtil  $B_t \geq 0,20$  m, såfremt det samlede bærelags tykkelse er  $B_t + U_t \geq 0,40$  m.
- 7: For sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner tillades ballastens tykkelse reduceret indtil  $B_t \geq 0,20$  m for spor med beton- eller træsveller, såfremt en del af dette ballastlag består af en ballastmåtte, der overholder kravene i afsnit 10.2.5.
- 8: For langskinnespor beliggende i fri bane og togvejsspor med 60 kg/m-skiner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til  $h = 0,10$  m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er  $R < 400$  m, b) Monoblokbetonsveller af typen B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er  $R < 325$  m, c) Træsveller med overbygning  $C_r$  og  $C_f$  når radius i cirkelbuer er  $R < 560$  m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1
- 9: Værdien er gældende for type 2 infrastruktur, jf. [18]. For type 1 infrastruktur gælder værdien 0,10 m.
- 10: For eksisterende ballasttykkelse 0,05 – 0,30 m tillades den eksisterende ballasttykkelse bibeholdt, såfremt der alene er tale om en svelleudveksling eller en fornyelse af hele sporkonstruktionen.
- 11: For sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, tillades ballastens tykkelse reduceret indtil  $B_t \geq 0,25$  m for stålsveller, såfremt en del af dette ballastlag består af en ballastmåtte, der overholder kravene i afsnit 10.2.5.

#### 10.2.4 Minimumskrav i forbindelse med brorenovering

Det skal specielt bemærkes, at nedenstående LBN1-krav er minimumskrav, og at der for flere elementer er fastsat skærpede LBN2-krav i henhold til afsnit 12, 13 eller 14. Disse LBN2-krav skal generelt overholdes, mens nedenstående LBN1-krav alene må anvendes efter tilladelse i henhold til afsnit 8.

Brorenovering skal udføres således, at de funktionsmæssige krav i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

I forbindelse med udførelse af en brorenovering skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan.

Ved en brorenovering fremgår minimumsmålene for tværprofiler for så vidt angår ballastskuldrens bredde ( $B_{sk}$ ), Anlæg af ballastskråning ( $a$ ) og Ballastens tykkelse ( $B_t$ ) af figur 10.2.3-1 og 10.2.3-2.

Forud for en brorenovering skal det eksisterende ballastprofil undersøges. Dette med henblik på at kunne gøre de nødvendige tiltag i projekteringsfasen for at overholde minimumskravene for  $B_{sk}$ ,  $a$  og  $B_t$  i henhold til figur 10.2.3-2.

For eksisterende ballasttykkelse mindre end 0,20 m tillades den eksisterende ballasttykkelse bibeholdt, såfremt en del af ballastlaget består af en ballastmåtte, der overholder kravene i afsnit 10.2.5.

#### 10.2.5 Ballastmætter

Såfremt minimumskrav for  $B_t$  overholdes via anvendelse af en ballastmåtte i henhold til henvisning 7 og 11 til figur 10.2.3-2 eller der anvendes ballastmåtte i henhold til krav i afsnit 10.2.4 og 14, skal denne ballastmåtte være testet og godkendt i henhold til krav i [17] og have egenskaber som anført i figur 10.2.5-1:

**Figur 10.2.5-1 Krav til fysiske egenskaber for ballastmåtter**

Parameter	Interval
Samlet tykkelse	$\leq 30$ mm
Dynamisk stivhedsmodul	$0,09 \leq C_{\text{dyn}} < 0,22$ N/mm <sup>3</sup>
Tillæg til sporets lodrette nedbøjning ved $A \leq 22,5$ tons <sup>1)</sup>	0,5 – 1,0 mm

1: Dokumenteres via statisk beregning og/eller ved måling under passage ved en hastighed på  $V \leq 10$  km/h. Ballastmåtter tillades anvendt i hele Letbanenormens anvendelsesområde jævnfør afsnit 7.

Ballastmåttens skal endvidere være testet for dens udmattelsesmæssige egenskaber i ballasteret spor svarende til den projekterede aksellast og måttens levetid. Testen skal dokumentere, at ballastmåttens overflade ikke beskadiges, og at ændringen i det statiske stivhedsmodul  $< 10$  %.

Note 10.2.5-1

Ballastmåtter anvendes i henhold til litteraturen til løsning af flere typer af tekniske problemer, bl.a. vibrationsdæmpning, til forlængelse af ballastens levetid eller til etablering af overgangszoner ved spring i underbygningens stivhed. Krav for ballastmåtter i nærværende Letbanenorm er primært relateret til forlængelse af ballastens levetid i forbindelse med reduceret ballasttykkelse.

## 11. LBN2, VEDLIGEHOLDELSE

Vedligeholdelsen af tværprofiler skal foretages således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 til enhver tid er opfyldt.

Note 11-1

Med hensyn til vedligeholdelsesmæssige krav til ballastlaget henvises endvidere til kravene i [3].

Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav, idet midlertidige udgravninger dog kun kræves udført i henhold til afsnit 10.2.2.

I forbindelse med udførelse af sporjusteringer skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan.

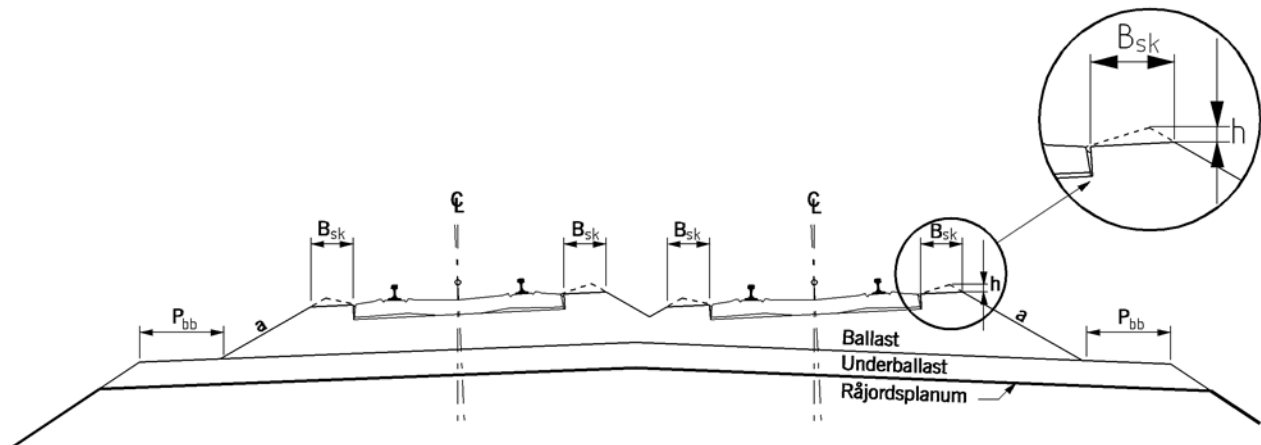
Ved ballastsupplering skal der anvendes ballastskærver, dog med undtagelse af grusballastede sidespor, hvor der skal anvendes ballastgrus.

Note 11-2

Ved anskaffelse af nye ballastskærver, små ballastskærver og ballastgrus henvises til kravene i [5].

Vedligeholdelsen skal ske i henhold til de i figur 11-1 og 11-2 anførte minimumsværdier vedr. ballastskulderens bredde og anlæg af ballastskrånning. Der henvises dog til bemærkninger efter figur 11-1 og 11-2. Kravene er gældende for både enkelt- og dobbeltsporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog kan udelades. Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane fremgår af figur 5-1.

Såfremt disse krav ikke kan overholdes i forbindelse med vedligeholdelse af tværprofilet, skal hastigheden reduceres til maksimalt 40 km/h i forbindelse med udførelse af sporjustering, og indtil tværprofilet er bragt i overensstemmelse med kravene i nærværende afsnit.



Figur 11-1 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

Figur 11-2 Krav til tværprofiler ved vedligeholdelse		
Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for fri bane og togvejsspor
Ballastskulderens bredde ( $B_{sk}$ ) <sup>1)</sup>	0,30 m	0,40 m <sup>2)</sup>
Anlæg af ballastskråning ( $a$ ) <sup>1)</sup>	1,5	1,5

- 1: Ved en stationær og stabil sideværts begrænsning forårsaget af en fast konstruktion, der som minimum har en højde svarende til overkanten af svellen, tillades bredden af ballastskulderen reduceret indtil  $B_{sk} = 0,125$  m, og anlægget af ballastskråningen tillades lodret.
- 2: For langskinnesor beliggende i fri bane og togvejsspor med 60 kg/m-skiner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til  $h = 0,10$  m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er  $R < 400$  m, b) Monoblokbetonsveller af typen B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er  $R < 325$  m, c) Træsveler med overbygning Cr og Cf når radius i cirkelbuer er  $R < 560$  m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1.

Såfremt planumsbanketbredden bliver mindre end ca. 0,10 m ved anvendelsen af de i figur 11-1 og 11-2 anførte værdier, skal vedligeholdelsen foretages med et anlæg af ballastskråningen på  $a = 1,25$ . Hvis minimumskravene i henhold til afsnit 10.2.1 ikke kan overholdes, skal de nødvendige foranstaltninger iværksættes for at sikre overholdelsen af disse minimumskrav.

## 12. LBN2, STØRRE OMBYGNINGER

Større ombygninger skal udføres således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

I forbindelse med udførelse af større ombygninger skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan.

Ved større ombygninger fremgår minimumsmålene for tværprofiler af figur 12-3 og 12-4. Kravene til tværprofiler er gældende for både enkelt- og dobbeltsporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog tillades udeladt.

Ved fornyelse af hele ballastlaget skal planum etableres, så dette hælder mod grøften/afvandingsystemet. For enkeltsporede baner tillades knæpunkterne i planum og råjordsplanum dog placeret under spormidten. Illustration af tværprofil for enkeltsporet bane fremgår af figur 5-1.

### Note 12-1

For dobbeltsporede strækninger henvises til kravene i [12] vedr. sporenes indbyrdes placering.

Forud for større ombygninger skal eksisterende tykkelse af ballast og underballast undersøges i henhold til [4]. Dette med henblik på at kunne gøre de nødvendige tiltag i projekteringsfasen for at overholde minimumskravene i henhold til figur 12-3 og 12-4.

### Note 12-2

Med hensyn til krav til underballast og jordarter i råjordsplanum, henvises til kravene i henholdsvis [5], [9] og [10].

### Note 12-3

Med hensyn til regler for skærvelaget i forbindelse med ballastrensning henvises til kravene i [3].

### Note 12-4

For underføringer kan ballasttykkelsen variere betydeligt afhængig af brodækkets profilering og afvanding. Ved undersøgelser af ballastlagets tykkelse bør det derfor forud for målinger i marken være fastlagt, hvilke afvandings- og hældningsforhold brodækket er forsynet med, så vurderinger af ballasttykkelsen for underføringen sker på baggrund af målinger udført, hvor ballasttykkelsen er mindst.

I forbindelse med udførelsen af en større ombygning skal det sikres, at grøften/afvandingsystemet er beliggende tilstrækkeligt lavt i forhold til færdigt spor, således at sporets tværprofil afvandes til grøften/afvandingsystemet og ikke omvendt.



Note 12-5

Med hensyn til normer for afvanding henvises til kravene i [6].

Efter større ombygninger skal ballastlaget bestå af ballastskærver. I sidespor, hvor der skal færdes rangerpersonale, skal ballastlaget af hensyn til arbejdsmiljøet opfylde et af nedennævnte krav:

- Ballastlaget skal bestå af ballastskærver, der afdækkes med små ballastskærver.
- Ballastlaget skal bestå af små ballastskærver.
- Ballastlaget skal bestå af ballastgrus.

Note 12-6

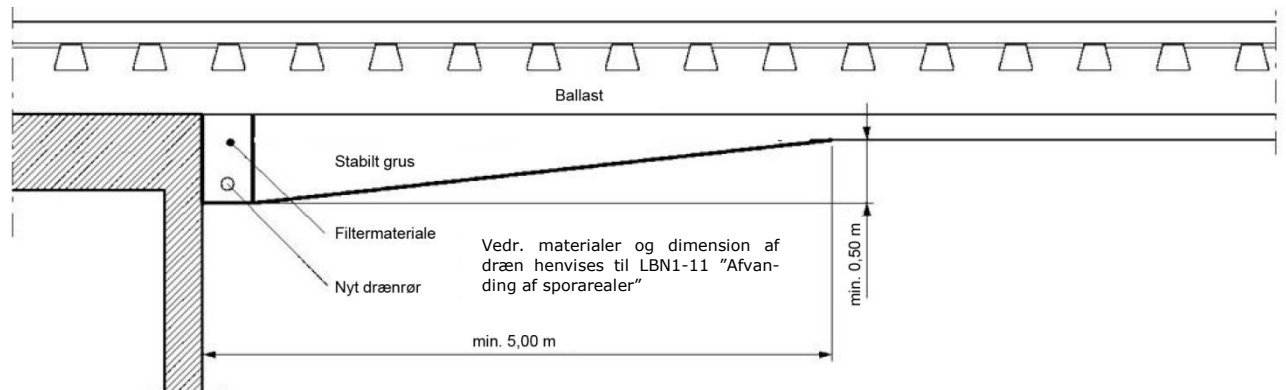
Ved anskaffelse af nye ballastskærver, små ballastskærver, ballastgrus, stabilt grus og veldrænende grus henvises til kravene i [5].

Såfremt der ved større ombygninger skal etableres et nyt bærelag af ballast og underballast, så skal minimumskravene i figur 12-4 vedr. ballastlagets og underballastlagets tykkelse samt hældning af råjordsplanum være overholdt. Vedrørende valg af materialer og arbejdets udførelse skal krav i afsnit 15 for nyanlæg overholdes.

Såfremt der ved større ombygninger skal foretages sideflytning af spor med indtil 0,2 m, kan eksisterende bærelag af ballast og underballast bibeholdes, såfremt minimumskravene i figur 12-4 overholdes.

Ved en fornyelse af sporstrukturen skal ballasten udskiftes på underføringer, hvor ballasten ikke kan renses maskinelt. Dette med mindre andelen af partikler indtil 22,4 mm i ballastlaget dokumenteres under 22 vægtprocent. Udtagelse af ballastprøver og beregning af vægtprocenten for partikler mindre end 22,4 mm skal foretages som angivet i [4].

Såfremt der foretages udskiftning af ballastlaget på eller ved underføringer, skal der foretages en trekantformet udskiftning op til underføringen, som angivet på figur 12-1. Den trekantformede udskiftning skal have en længde og højde på mindst henholdsvis 5,00 m og 0,50 m, og råjorden i bunden af udskiftningsområdet skal komprimeres. Den trekantformede udskiftning kan udledes, såfremt broen er forsynet med en sætningsplade.



Figur 12-1 Illustration af udskiftning af ballast og underballast på og omkring underføringer

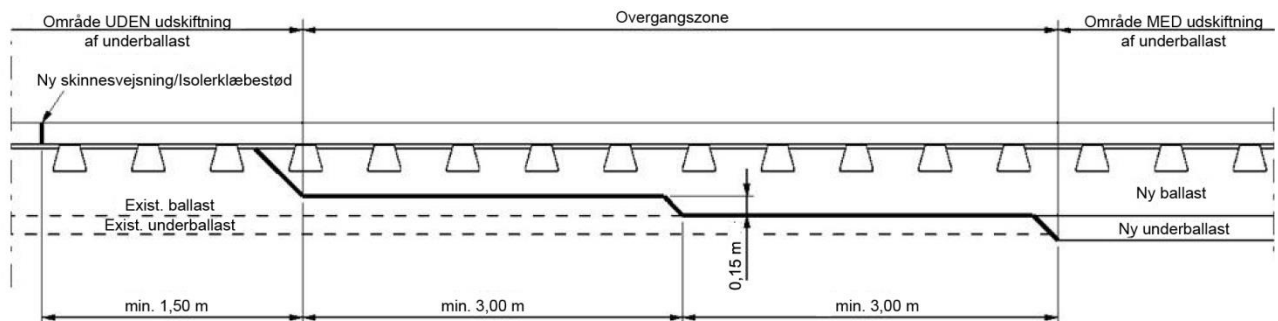
Note 12-7

Planum såvel som råjordsplanum og oversiden af sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner bør altid etableres, så disse hælder mod grøften/afvandingsystemet placeret langs sporet. Det på figur 12-1 viste drænrør udgør derfor ikke brodækkets primære afvanding.

Såfremt der ved større ombygninger skal etableres et nyt bærelag af ballast og underballast, så skal overgangen til området uden udskiftning af underballast ske, som angivet på figur 12-2. Overgangszoner skal altid etableres uden for sporskifter. Ved separat etablering af et nyt bærelag under isolerklæbestød kræves dog ikke en overgangszone, som angivet på figur 12-2.

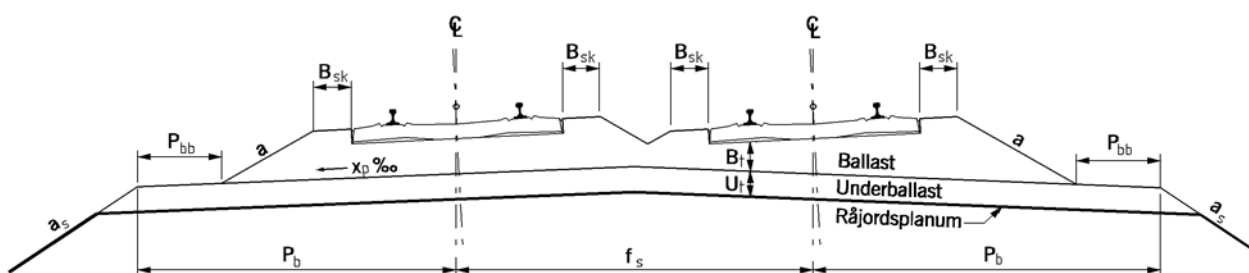
Ved etablering af et nyt bærelag af ballast og underballast mod et område uden udskiftning af underballast skal eventuelle skinnesvejsninger/isolerklæbestød omkring overgangszonen etableres minimum 1,50 m uden for området, hvor der udskiftes ballast.

Såfremt planumsbredden skal øges i forbindelse med større ombygninger, så skal minimumskravene i figur 12-4 vedr. planumsbredden være overholdt.



Figur 12-2 Illustration af overgang mellem nyt bærelag af ballast og underballast samt område uden udskiftning af underballast

Overholdelsen af krav for  $B_{sk}$  og  $a$  jævnfør figur 12-3 og 12-4 skal dokumenteres via visuel inspektion før ibrugtagning og via nivellement af tværprofilet per 50 m efter slutjustering samt afretning af ballastlaget. Såfremt der etableres et nyt bærelag af ballast og underballast, skal planum dokumenteres via krav i henholdsvis [13] og [14], hvorefter ballastlagets tykkelse dokumenteres ud fra sporets absolutte beliggenhed i henhold til krav i [8].



Figur 12-3 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

**Figur 12-4 Krav til tværprofiler ved større ombygninger**

Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for fri bane og togvejsspor
Ballastskulderens bredde ( $B_{sk}$ ) <sup>1)</sup>	0,30 m	0,40 m <sup>6)</sup>
Anlæg af ballastkråning ( $a$ ) <sup>1+3)</sup>	1,5	1,5
Ballastens tykkelse ( $B_t$ )	0,30 m <sup>8)</sup>	0,30 m <sup>8)</sup>
Underballastens tykkelse ( $U_t$ ) <sup>2)</sup>	0,10 m	0,20 m <sup>7)</sup>
Planumsbredde ( $P_b$ ) <sup>3)</sup>	3,00 m <sup>4)</sup>	3,00 m <sup>4)</sup>
Hældning af planum ( $X_p$ ) <sup>5)</sup>	40 o/oo	40 o/oo

- 1: Ved en eksisterende stationær og stabil sideværts begrænsning forårsaget af en fast konstruktion, der som minimum har en højde svarende til overkanten af svellen, tillades bredden af ballastskulderen reduceret indtil  $B_{sk} = 0,125$  m, og anlægget af ballastkråningen tillades lodret. For nye eller ombyggede sideværts begrænsninger gælder, at disse skal overholde kravene for nyanlæg i afsnit 15.
- 2: For betonsveller er værdien baseret på en nominal svellelængde  $2500 \leq L \leq 2600$  mm. For betonsveller på type 2 infrastruktur, jf. [18], med  $L < 2500$  mm gælder, at værdien i figuren skal forøges med mindst  $(2500 - L)/2$ . Dette er dog ikke gældende for sporskifter.
- 3: På stationsområder, hvor det omgivende terræn er beliggende i niveau med overkanten af svellerne, tillades anlægget af ballastkråningen lodret, og planumsbredden tillades reduceret til  $P_b = 1,6$  m for sidespor.
- 4: På steder, hvor eksisterende planumsbredde er indtil 0,30 m mindre, tillades eksisterende planumsbredde bibeholdt. Dette er dog ikke gældende i sporskifter.
- 5: Værdien er alene gældende ved fornyelse af hele ballastlaget dog ekskl. spor på sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor eksisterende hældning af planum tillades bibeholdt.
- 6: For langskinnespor beliggende i fri bane og togvejsspor med 60 kg/m-skiner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til  $h = 0,10$  m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er  $R < 400$  m, b) Monoblokbetonsveller af typen B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er  $R < 325$  m, c) Træsveller med overbygning Cr og Cf når radius i cirkelbuer er  $R < 560$  m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1.
- 7: Værdien er gældende for type 2 infrastruktur, jf. [18]. For type 1 infrastruktur gælder værdien 0,10 m.
- 8: For type 1 infrastruktur, jf. [18], gælder værdien 0,25m.

## 13. LBN2, OPGRADERING

Opgraderinger skal udføres således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

### 13.1 Hastighedsforøgelse

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

- Ballastskulderens bredde ( $B_{sk}$ ) og anlæg af ballastskråning ( $a$ ) skal overholde minimumskravene, som anført i afsnit 12.
- Ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene skal generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan.
- Forhold i tværprofilet, der giver anledning til et behov for sporjustering hvert 3. år eller hyppigere for at overholde kravene i henhold til [1], skal udbedres.

#### Note 13.1-1

Med hensyn til justeringsbehovet hvert 3. år eller hyppigere bør det bemærkes, at der er tale om det reelle justeringsbehov ud fra målevognsdiagrammer og analyser, og ikke de faktiske udførte sporjusteringer.

#### Note 13.1-2

Med hensyn til ballast- og jordprøvetagning i sporkassen henvises til kravene i [4], og vedr. udbedring af forhold i underbygningen henvises til kravene i [9] og [10].

### 13.2 Forøgelse af aksellast

I forbindelse med en forøgelse af aksellasten skal det sikres, at følgende krav er overholdt:

- Forhold i tværprofilet, der giver anledning til et behov for sporjustering hvert 3. år eller hyppigere for at overholde kravene i henhold til [1], skal udbedres.

## 14. LBN2, BRORENOVERING

Renoveringer af sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner skal udføres således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

Såfremt brorenoveringen gennemføres i forbindelse med en større ombygning jævnfør afsnit 5 gælder kravene i afsnit 12. Såfremt brorenoveringen gennemføres helt eller delvist med henblik på at opgradere banen, gælder kravene i afsnit 13.

Forud for en brorenoveringsopgave, der kræver ballasten fjernet og genindbygget, skal det eksisterende ballastprofil undersøges. Dette med henblik på at kunne gøre de nødvendige tiltag i projekteringsfasen for at overholde minimumskravene for  $B_{sk}$ ,  $a$  og  $B_t$ .

### Note 14-1

For underføringer kan ballasttykkelsen variere betydeligt afhængig af brodækkets profilering og afvanding. Ved undersøgelser af ballastlagets tykkelse bør det derfor forud for målingerne i marken være fastlagt, hvilke afvandings- og hældningsforhold brodækket er forsynet med, så vurderinger af ballasttykkelsen for underføringen sker på baggrund af målinger udført, hvor ballasttykkelsen er størst og mindst.

I forbindelse med en brorenovering, hvor ballasten fjernes og genindbygges, skal det sikres, at følgende krav er overholdt:

- Ballastskulderens bredde ( $B_{sk}$ ) og anlæg af ballastskråning ( $a$ ) skal overholde kravene, som anført i afsnit 12.
- Ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene skal generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan.
- Ballastens tykkelse skal være  $B_t = 0,30$  m. For eksisterende ballasttykkelse  $0,20 - 0,30$  m tillades den eksisterende ballasttykkelse bibeholdt, såfremt en del af ballastlaget består af en ballastmåtte, der overholder kravene i afsnit 10.2.5.

Når ballastskærver fjernes i forbindelse med en brorenovering, og de ikke bliver maskinelt renset, skal de udskiftes. Dette med mindre andelen af partikler indtil 22,4 mm i ballastlaget dokumenteres under 22 vægtprocent. Udtagelse af ballastprøver og beregning af vægtprocenten for partikler mindre end 22,4 mm skal foretages som angivet i [4].

I forbindelse med udførelsen af en brorenovering skal det sikres, at afvandingssystemet er beliggende tilstrækkeligt lavt i forhold til færdigt spor, således at sporets tværprofil afvandes til grøften/afvandingssystemet og ikke omvendt.

## 15. LBN2, NYANLÆG

---

Nyanlæg skal udføres således, at de funktionsmæssige krav til tværprofiler i henhold til afsnit 10.1 er opfyldt. Derudover gælder de i nærværende afsnit supplerende krav.

### 15.1 Etablering af ny banetracé

I forbindelse med udførelse af nyanlæg skal ballastlagets overkant mellem svellerne og ved ballastskuldrene generelt følge overkanten af svellerne og ved ballastskuldrene desuden være parallelt med SO-plan.

Ved etablering af ny banetracé skal minimumsmålene for tværprofiler i henhold til figur 15.1-1 og 15.1-2 være opfyldt. Kravene til tværprofiler er gældende for både enkelt- og dobbeltsporede strækninger. Kravene er også gældende for sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner, hvor underballasten dog tillades udeladt.

Planum og råjordsplanum skal etableres, så disse hælder mod grøften/afvandingssystemet. For enkeltsporede baner tillades knæpunkterne i planum og råjordsplanum dog placeret under spormidten.

Note 15.1-1

Med hensyn til normer for råjordsplanums bæreevne henvises endvidere til kravene i [9] og [10].

I forbindelse med udførelsen af nyanlæg skal det endvidere sikres, at grøften/afvandings-systemet er beliggende tilstrækkeligt lavt i forhold til færdigt spor, således at sporets tværprofil afvandes til grøften/afvandingsystemet og ikke omvendt.

Note 15.1-2

Med hensyn til normer for afvanding henvises til kravene i [6].

Underballastlaget skal bestå af stabilt grus eller veldrænende grus. I sidespor, hvor ballastlaget etableres af ballastgrus, tillades underballastlaget også etableret med ballastgrus.

Ved nybygning skal ballastlaget bestå af ballastskærver. I sidespor, hvor der skal færdes rangerpersonale, skal ballastlaget af hensyn til arbejdsmiljøet opfylde et af nedennævnte krav:

- Ballastlaget skal bestå af ballastskærver, der afdækkes med små ballastskærver.
- Ballastlaget skal bestå af små ballastskærver.
- Ballastlaget skal bestå af ballastgrus.

Note 15.1-3

Ved anskaffelse af nye ballastskærver, små ballastskærver, ballastgrus, stabilt grus og veldrænende grus henvises til kravene i [5].

Underballastlaget skal udlægges således, at den ikke blandes med den underliggende jord eller løber ned i banegrøften eller på skråningen.

Ved udlægning af underballast fra et nabospor må dettes ballast ikke blive forurenset under aflæsningen.

Underballastlag af stabilt grus og veldrænende grus skal udføres i henhold til henholdsvis [13] og [14]. Kørsel på færdigt planum må kun finde sted efter forudgående aftale med bygherrens tilsyn.

Ballastskærvelaget skal udlægges således, at dette ikke blandes med underballasten. Endvidere skal det ved udlægningen af ballastskærvelaget sikres, at der ikke forekommer pletvise partier af koncentrationer med små kornstørrelsesfraktioner.

Transportkørsel på udlagt ballastskærveslag må ikke forekomme. Ved udlægningen af ballastskærvelaget må materiellets fladetryk maksimalt være 60 kN/m<sup>2</sup>, såfremt materiellet skal køre på ballastskærvelaget.

Efter udlægning og afretning af den nederste del af ballastskærvelaget, svarende til maksimalt 10 cm under projekteret svelleunderside, skal der foretages komprimering af dette, inden der udlægges sveller. Komprimering skal enten foretages med dobbeltvalset tromle i form af 1,5 - 3 tons maskine med glatte valser eller med pladevibrator på 400 - 600 kg. Komprimering skal foretages med mindst 3 passager. Der må ikke anvendes slag ved komprimeringen. Overfladen skal om nødvendigt efterreguleres for eventuelle lunger. Den resterende del af ballasttværprofilet skal etableres, efter at der er udlagt sveller og skinner. For krav til sporets løft, justering og stabilisering under etableringen henvises til krav i [1].

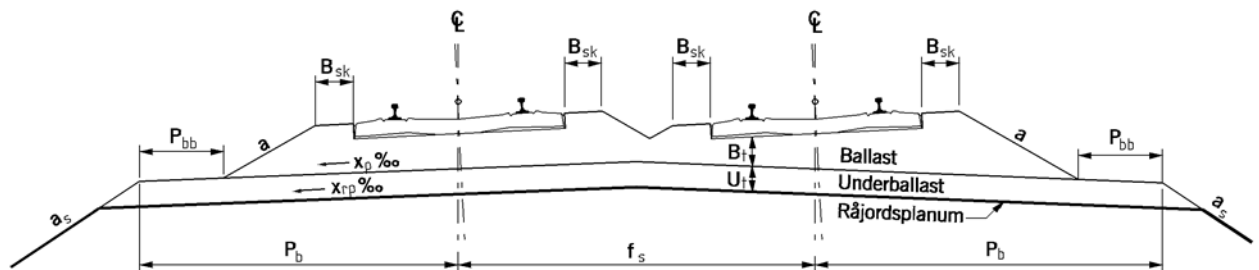
Note 15.1-4

Med hensyn til sporenes indbyrdes placering for dobbeltsporede strækninger henvises til kravene i [12].

På strækninger med kabelrender skal det sikres, at kabelrenderne ikke hindrer en afvanding af sporkassen.



Overholdelsen af krav for  $B_{sk}$  og  $a$  jævnfør figur 15.1-1 og 15.1-2 skal dokumenteres via visuel inspektion før ibrugtagning og via nivellement af tværprofilet per 50 m efter slutjustering samt afretning af ballastlaget. Planum skal dokumenteres via krav i henholdsvis [13] og [14], hvorefter ballastlagets tykkelse skal dokumenteres ud fra sporets absolute beliggenhed i henhold til krav i [8].



Figur 15.1-1 Tværprofil illustreret for dobbeltsporet bane

**Figur 15.1-2 Krav til tværprofiler ved etablering af ny banetracé, type 1 infrastruktur**

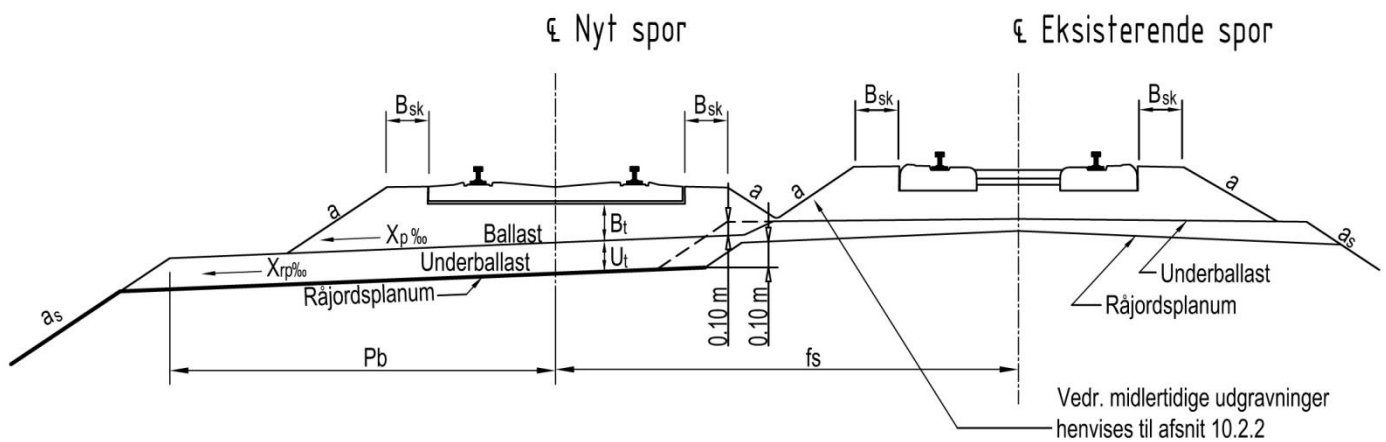
Element	Minimumskrav for sidespor	Minimumskrav for fri bane og togvejsspor
Ballastskulderens bredde ( $B_{sk}$ )	0,30 m	0,40 m <sup>5)</sup>
Anlæg af ballastskrånning ( $a$ ) <sup>1+3)</sup>	1,5	1,5
Ballastens tykkelse ( $B_t$ )	0,25 m	0,25 m
Underballastens tykkelse ( $U_t$ ) <sup>2)</sup>	0,10 m	0,10 m
Planumsbredde ( $P_b$ ) <sup>3)</sup>	3,00 m	3,00 m
Hældning af planum ( $X_p$ ) <sup>4)</sup>	40 o/oo	40 o/oo
Hældning af råjordsplanum ( $X_{rp}$ )	40 o/oo	40 o/oo

- 1: Ved en stationær og stabil sideværts begrænsning forårsaget af en fast perronkonstruktion eller et maste-fundament placeret mindst henholdsvis 1,375 m og 2,70 m fra spormidten målt fra oversiden af svelleende parallelt med SO-planet, tillades anlægget af ballastskrånningen lodret ved henholdsvis perronkonsollerne og mastefundamentene.
- 2: For betonsveller er værdien baseret på en nominal svellelængde  $2500 \leq L \leq 2600$  mm. For betonsveller på type 2 infrastruktur, jf. [18], med  $L < 2500$  mm gælder, at værdien i figuren skal forøges med mindst  $(2500 - L)/2$ . Dette er dog ikke gældende for sporskifter.
- 3: På stationsområder, hvor det omgivende terræn er beliggende i niveau med overkanten af svellerne, tillades anlægget af ballastskrånningen lodret, og planumsbredden tillades reduceret til  $P_b = 1,6$  m for sidespor.
- 4: For sporbærende broer og tilsvarende faste konstruktioner tillades hældning af planum reduceret til  $X_p = 20$  o/oo.
- 5: For langskinnespør beliggende i fri bane og togvejsspor med 60 kg/m-skiner gælder endvidere, at ballastskulderen i kurvers yderside skal forhøjes til  $h = 0,10$  m i cirkelbuer og eventuelle tilhørende overgangskurver i følgende tilfælde: a) Monoblokbetonsveller af typen S89/S99 når radius i cirkelbuer er  $R < 400$  m, b) Monoblokbetonsveller af typen B70/SP90-2500 når radius i cirkelbuer er  $R < 325$  m, c) Træsveller med overbygning Cr og Cf når radius i cirkelbuer er  $R < 560$  m. Illustration af forhøjet ballastskulder fremgår af figur 10.2.1-1.

## 15.2 Udbygning af banetracé langs eksisterende spor

Ved udbygning af banetracé langs eksisterende spor gælder samme geometriske minimumskrav til tværprofiler som for nyt spor, der er angivet i afsnit 15.1.

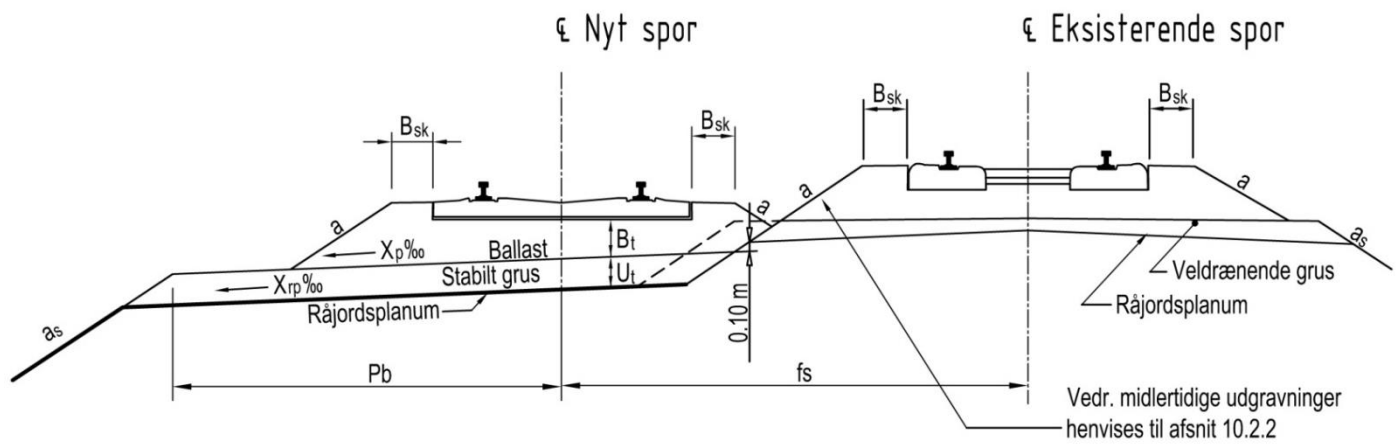
Ved udbygning af banetracéen skal det sikres, at afvandingen af eksisterende spor ikke forringes.



Figur 15.2-1 Tværprofil for udbygning af banetracé langs eksisterende spor illustreret med samme type underballast for nyt spor som for eksisterende spor.

Såfremt det nye spor bygges med samme type underballast som i det eksisterende spor, skal henholdsvis planum og råjordsplanum af det nye spor placeres minimum 0,10 m under eksisterende henholdsvis planum og råjordsplanum. Se figur 15.2-1.

Såfremt det eksisterende spor er bygget med veldrænende grus som underballast, og det nye spor anlægges med komprimeret stabilt grus som underballast, så skal planum af det nye spor placeres minimum 0,10 m under råjordsplanum af det eksisterende spor. Se figur 15.2-2.



Figur 15.2-2 Tværprofil for udbygning af banetracé langs eksisterende spor illustreret med veldrænende grus som underballast for eksisterende spor og stabilt grus som underballast for nyt spor.

I forbindelse med udvidelse af eksisterende banedæmning henvises endvidere til kravene i [9] og [10].