

OVERGANG TIL EUROCODES FOR BROER

HANS HENRIK CHRISTENSEN
CHEFRÅDGIVER

HVAD ER DEN KORTE VERSION?

Fra **1. april 2010** skal broer projekteres og bæreevneberegnes efter Eurocodes

- De danske konstruktionsnormer, DS 409, DS 410, DS 411, DS 412 osv. bliver trukket endegyldigt tilbage.
- Nugældende belastnings- og beregningsregler for broer trækkes tilbage, da de baserer sig på de danske konstruktionsnormer
- Nye belastnings- og beregningsregler for broer baseret på Eurocodes træder i kraft
 - BN1-59-3 for sporbærende broer
 - Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag for vej- og stibroer

OVERGANGSORDNING?

I praksis ingen:

- For projekter, som startes op efter 1. april 2010, skal Eurocodes anvendes.
- For projekter, som startes op inden 1. april 2010, kan de eksisterende regler anvendes, medmindre bygherren foreskriver andet.

HVAD BETYDER OVERGANGEN I PRAKSIS?

En brat opvågning til en mere besværlig hverdag - indledningsvist:

- En 5-dobling af omfanget af normtekst!
- Vi skal holde styr på et større hierarki af dokumenter!

HISTORISK BAGGRUND

Politisk beslutning om opbygning af et indre marked for bygge & anlæg-sektoren i EU og EFTA-området:

- Fælles projekteringsregler
- Fælles udførelses- og produktstandarder
- Harmoniserede retningslinier for europæiske tekniske godkendelser (ETA - European Technical Approval)

HISTORISK FORLØB FOR UDARBEJDELSE AF EUROCODES

ENV'ere (prænormer)

- NAD'ere (nationale applikationsdokumenter)
- Kunne i princippet benyttes som alternativ til de danske konstruktionsnormer

EN'ere (endelig Euronormer)

- NA'ere (nationale annekser)

DS 409, 410, 411, 412 osv. fra slutningen af 1990'erne

- Opdateret udgave tilnærmet Eurocodes

Broer:

- Tilnærmet Eurocodes ved indarbejdelse af ENV 1991-3:1995 Traffic loads on bridges

EUROCODES – OVERORDNET OVERSICHT

- EN 1990 Eurocode Basis of Structural Design
- **EN 1991 Eurocode 1 Actions on structures**
- EN 1992 Eurocode 2 Design of concrete structures
- **EN 1993 Eurocode 3 Design of steel structures**
- EN 1994 Eurocode 4 Design of composite steel and concrete structures
- EN 1995 Eurocode 5 Design of timber structures
- EN 1996 Eurocode 6 Design of masonry structures
- EN 1997 Eurocode 7 Geotechnical design
- EN 1998 Eurocode 8 Design of structures for earthquake resistance
- EN 1999 Eurocode 9 Design of aluminium structures

IMPLEMENTERING AF EUROCODES VHA. NATIONALE ANNEKSER (NA)

Fastlæggelse af **N**ationally **D**etermined **P**arameters (NDP):

- Valg mellem klasser
- Geografi, klima
- Alternative fremgangsmåder
- Anvendelse af informative annekser
- Supplerende ikke-modstridende information

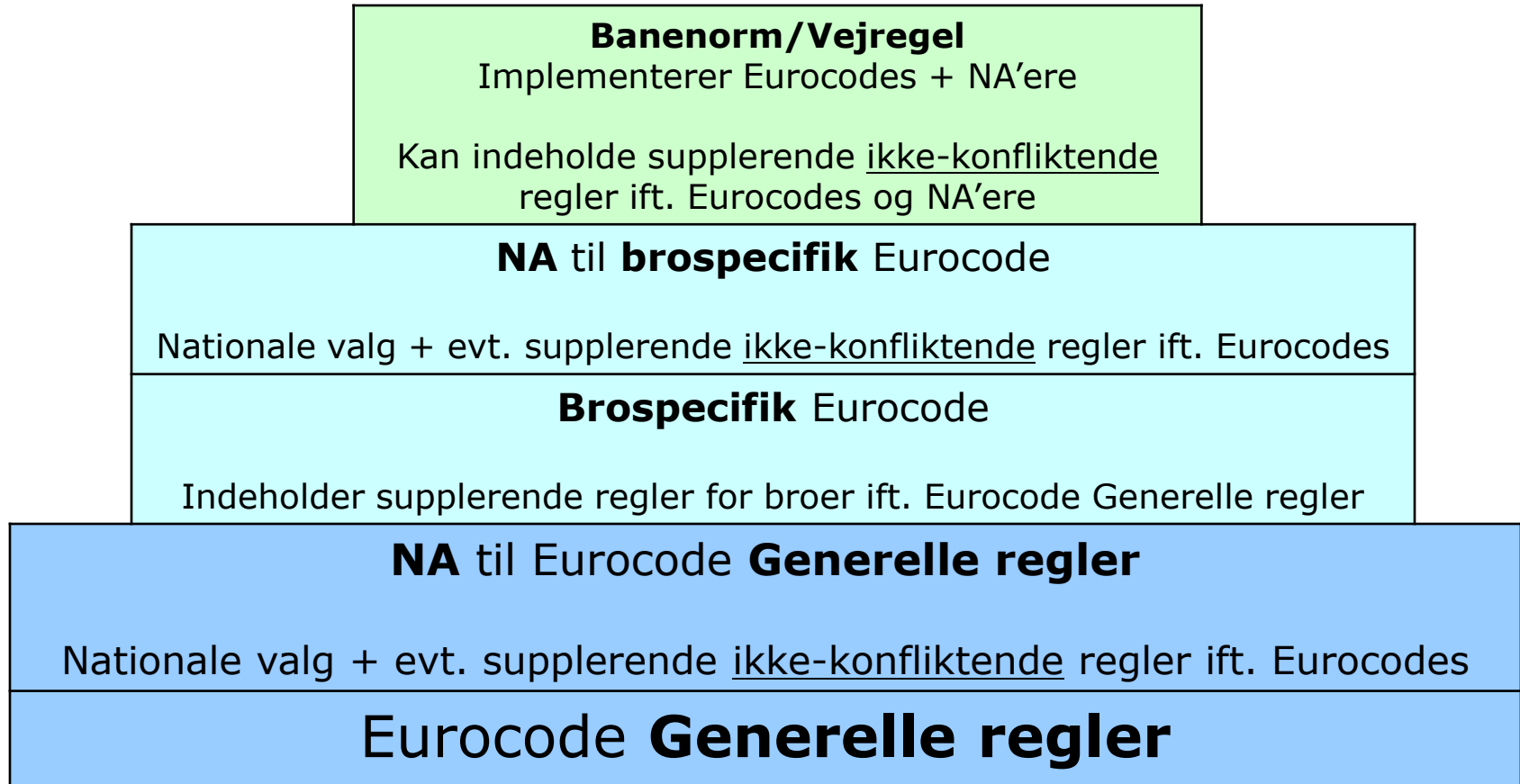
BROSPECIFIKKE EUROCODES

- EN 1990/A1 Annex A2 Application bridges
- EN 1991-2 Trafiklast på broer
- EN 1992-2 Betonbroer
- EN 1993-2 Stålbroyer
- EN 1994-2 Kompositbroer
- EN 1995-2 Træbroer
- EN 1998-2 Jordskælvdesign broer

IMPLEMENTERING AF EUROCODES FOR BROER

1. Nationale Annekser (DK NA'ere) til brospecifikke Eurocodes mm.:
 - Ad hoc NA-gruppe i regi af Vejdirektoratet og Banedanmark: Otto Bach Ulstrup (BDK), John Bjerrum (VD), COWI, Rambøll
 - Geoteknisk ad hoc gruppe (i BDK-regi, primært vedr. dæmninger): COWI, GEO
 - Prof. John Dalsgaard Sørensen, AAU, har løbende assisteret med sandsynlighedsbaserede vurderinger
2. Vejledning til Belastnings- og beregningsgrundlag for vej- og stibroer, som sammen med DK NA'ere erstatter:
 - Belastnings- og beregningsgrundlag for vej- og stibroer, Nov. 2002
 - Beregningsregler for eksisterende broers bæreevne, April 1996 + Rev. Nov. 2002 + Tillæg Marts 2006 for broer med store spændvidder
3. Belastnings- og beregningsforskrift for sporbærende broer og jordkonstruktioner, banenorm BN1-59-3
4. Høringer

HIERARKI AF DOKUMENTER



OVERORDNET TILGANG VEDR. SIKKERHED

Samme sikkerhedsniveau for broer som tidligere

- Dvs. ingen reduktion af sikkerhedsniveau som for bygningskonstruktioner

Sikkerhedsindeks $\beta = 4,75$ (CC2) – referenceperiode 1 år

- $\beta = 5,20$ (CC3)

Konsekvensklasser i stedet for 'Sikkerhedsklasser'

- Broer i CC3
- Faktor K_{FI} på lastsiden (!): $K_{FI} \cdot \gamma \cdot E_k \leq R_k / \gamma_M$
- CC3: $K_{FI} = 1,10$
- CC2: $K_{FI} = 1,00$

TILGANG VED FASTLÆGGELSE AF PARTIALKOEFFICIENTER

Partialkoefficienter, materialesiden - som for bygningskonstruktioner i de respektive DK NA'ere:

	Ny γ_M	Tidl. γ_M
Armering	1,20	1,30
Beton	1,45	1,65
Stål, flydning	1,10	1,17

Generel nedsættelse ift. tidligere

Partialkoefficienter, naturlaster - som for bygningskonstruktioner:

- 1,50 (samme som i EN 1990 og EN 1990/A1)

TILGANG VED FASTLÆGGELSE AF PARTIALKOEFFICIENTER

Partialkoefficient, trafiklast:

- $\gamma = 1,40$ (tidl. 1,30)
- 'Kompenserer' for reduktion i γ_M for bygningskonstruktioner

(EN 1990/A1: $\gamma = 1,35$ for vejtrafiklast, $\gamma = 1,45$ for toglast)

Partialkoefficient, permanent last, i lastkombination hvor permanent last er dominerende:

- $\gamma = 1,25$ (tidl. 1,15)

TRAFIKLASTER

Grundlag:

1. EN 1991-2 DK NA inkl. nyt Anneks E (!)
2. EN 1991-2 Trafiklast på broer

VEJBROER

DK NA: 6,0

Lodret statisk last - uændret

- LM1: Tandemlaster og jævnt fordelt last
- LM2: Enkelt aksel
- LM3: Særlige transportere
- LM4: Sammenstimling ('Crowd load')

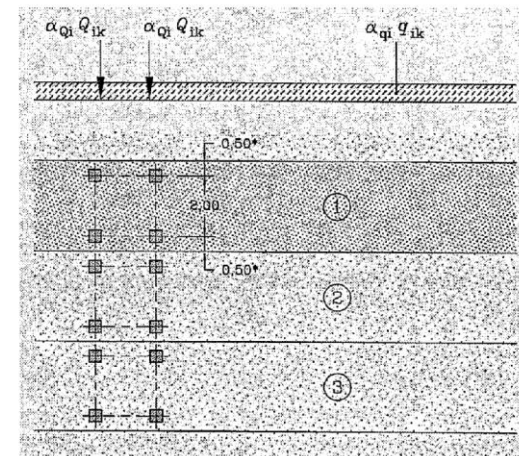
Table 4.2 - Load model 1 : characteristic values

Location	Tandem system <i>TS</i>	<i>UDL</i> system
	Axle loads Q_{ik} (kN)	q_{ik} (or q_{ik}) (kN/m ²)
Lane Number 1	300	9
Lane Number 2	200	2,5
Lane Number 3	100	2,5
Other lanes	0	2,5
Remaining area (q_{rk})	0	2,5

The details of Load Model 1 are illustrated in Figure 4.2a.

Gyldighed

- Influenslængde < 200 m



LM3: SÆRLIGE TRANSPORTER (ANNEKS E)

Nyt Anneks E i DK NA til EN 1991-2!

- Lastmodeller og procedurer for klassificering af broer
- Nugældende standardkøretøjer benyttes – alt ved det gamle

NB. Nye broer skal dimensioneres svarende til:

- Brogruppe 1: Klasse 150 i normalpassage
- Brogruppe 2: Klasse 80 i normalpassage
- Altså ingen sammenblanding af LM1 og standardkøretøjer som tidligere!

UDMATTELSE, ANTAL PASSAGER

Trafikintensitet som i EN 1991-2 Tabel 4.5

- Forøgelse af antal passager i 'slow lanes' ift. tidligere af hensyn til fremtidssikring

Table 4.5(n) - Indicative number of heavy vehicles expected per year and per slow lane

Traffic categories		N_{obs} per year and per slow lane	Tidl. værdier
1	Roads and motorways with 2 or more lanes per direction with high flow rates of lorries	$2,0 \times 10^6$ <i>~ 3,8 pr minut</i>	N/A
2	Roads and motorways with medium flow rates of lorries	$0,5 \times 10^6$	$0,10 \cdot 10^6$
3	Main roads with low flow rates of lorries	$0,125 \times 10^6$	$0,025 \cdot 10^6$
4	Local roads with low flow rates of lorries	$0,05 \times 10^6$	$0,010 \cdot 10^6$

STIBROER, KOMFORTVURDERING

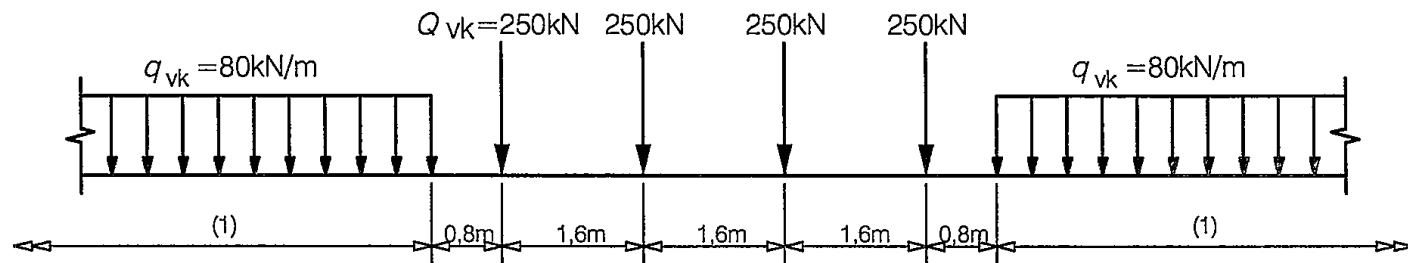
Dynamiske modeller, komfortvurdering:

- Krav om anvendelse af hensigtsmæssig model
- Model er medtaget i ny 'Vejledning til Belastnings- og beregningsgrundlag for vej- og stibroer'

SPORBÆRENDE BROER, LASTMODELLER

Lodret statisk last:

- $\alpha \times \text{LM71}$ ($\alpha \times \text{SW/0}$ for kontinuerte (bjælke)broer): $\alpha = 1,33$
- Farvel til BS 2000: $Q=330 \text{ kN}$, $q=110 \text{ kN/m}$ ($\alpha \approx 1,33$)
- $\alpha = 1,33 \Rightarrow \text{SW/2}$ kan undgå pga. reduceret partialkoefficient



Key

(1) No limitation

Figure 6.1 - Load Model 71 and characteristic values for vertical loads

SW/0 (OG SW/2)

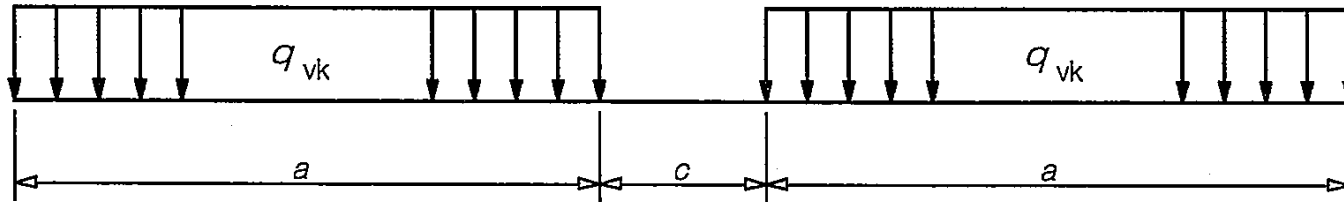


Figure 6.2 - Load Models SW/0 and SW/2

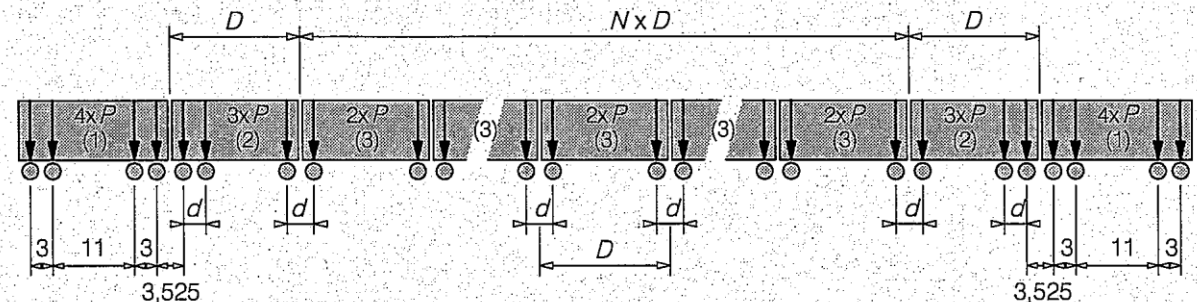
Table 6.1 - Characteristic values for vertical loads for Load Models SW/0 and SW/2

Load Model	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

HASTIGHEDER OVER 200 KM/H

Dynamisk analyse påkrævet for $v > 200$ km/h (Kbh. – Ringsted):

- HSLM lastmodeller
 - HSLM-A,
 - HSLM-B (simpelt understøttede broer, $L < 7$ m)
- Trafiksikkerhed: Dækacceleration, vridning, gensidig vinkeldrejning
- Passagerkomfort (accelerationer)
- Totallast



Key

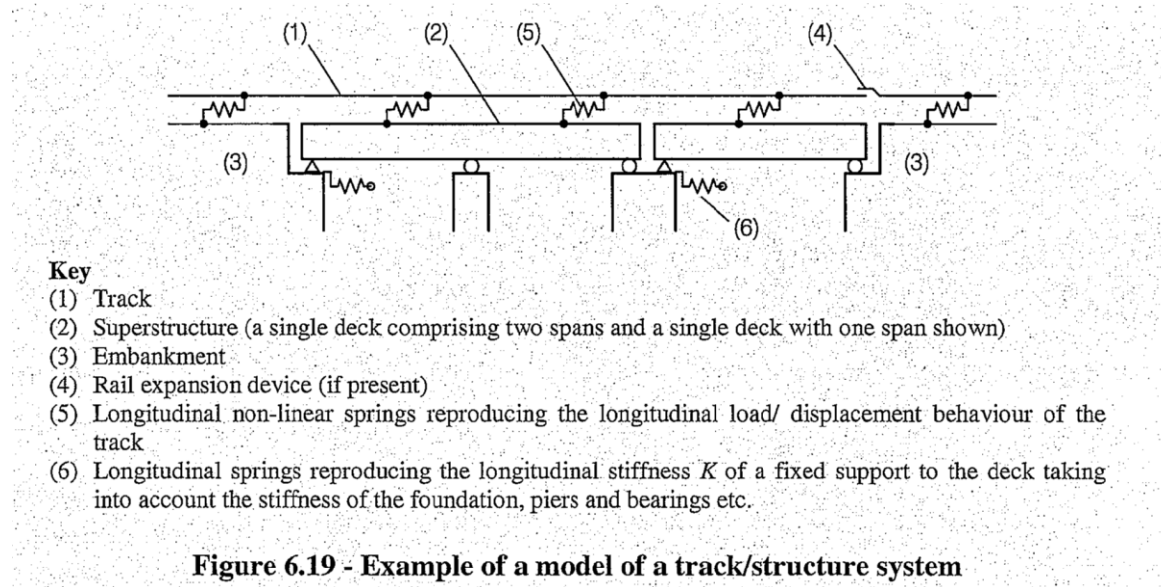
- (1) Power car (leading and trailing power cars identical)
- (2) End coach (leading and trailing end coaches identical)
- (3) Intermediate coach

Figure 6.12 - HSLM-A

SAMVIRKNING MELLEML BRO OG SPOR

Regler for analyse af samvirkning mellem bro og spor udbygget:

- Fordeling af bremse- og accelerationskræfter og kræfter fra temperaturpåvirkninger
- Kontrol af deformationer ved dækende/broende, langsgående såvel som lodrette
- Kontrol af tillægsspændinger i skinner



UDMATTELSE, NYE SPORBÆRENDE BROER

Generel design metode, som korresponderer til tabeller og kurver i i EN 1992-2, EN 1993-2 og EN 1994-2:

- Maks. spændingsvidde
- LM71 benyttes
- $\alpha = 1,21$ på lasten

Trafiksammensætning:

- Hovedbaner & TEN-strækninger: Tung trafiksammensætning med faktor 1,25 på trafikintensiteten
- Øvrige baner & S-tog: Standard trafiksammensætning

ØVRIGE LASTER

- EN 1991-1-1 Densiteter, egenlast og nyttelast for bygninger
- EN 1991-1-4 Vindlast
 - Afsnit 8
- EN 1991-1-5 Temperaturpåvirkning
 - Afsnit 6 og Annex B
- EN 1991-1-6 Laster under udførelse
- EN 1991-1-7 Ulykkeslaster
 - Afsnit 4
- Islast: Særligt DK Tillæg

BETONKONSTRUKTIONER

EN 1992-1-1:

- Hensyntagen til 2. ordens effekter ifm. aksiallast (søjler, vægge)
- Forskydning: Buevirkning tages i regning via last siden
- Gennemlokning
- Detaljeringsregler

DK NA til EN 1992-1-1 – omfattende afsnit med 'Supplerende – ikke modstridende information':

- Anvendelse af plasticitetsteori
- Beregningsmetoder plane spændingstilstande
- Fastlæggelse af effektivitetsfaktoren, v , for forskellige påvirkninger (rent tryk, ren forskydning, kombinerede påvirkninger)
- Revneviddeformel
- Min. armering

BETONBROER

DK NA til EN 1992-2:

- Eksponeringsklasser/miljøklasser
- Krav til min. dæklag
- Revneviddekrav
- Kontrol af modstandsevnen overfor skørt brud

STÅLBROER

EN 1993-2:

- Udmattelse
- Annex A Lejer
- Annex B Fuger
- Annex C anbefalinger vedr. detaljering for stålbrodæk

DK NA til EN 1993-2:

- Partialkoefficienter udmattelse

Vurderingsmetode	CC2	CC3	Forudsætninger
Skadestolerant	1,00	1,15	
Sikker levetid I	1,15	1,35	Inspektion min. hvert 6. år. Ingen risiko for uvarslet brud ved revnedannelse. Reparation mulig.
Sikker levetid II	1,54	1,88	Inspektion og reparation ikke mulig.

- Svejsesamlingsdetaljer

STÅLKONSTRUKTIONER

I tilknytning til arbejdet med brospecifikke Eurocodes er følgende DK NA'ere udarbejdet:

- EN 1993-1-11 Trækpåvirkede stålelementer
- EN 1993-1-12 Tillægsregler for styrkeklasse op til S700
- EN 1993-5 Steel piles (spunsvægge mm.)

FUNDERING

DK NA til Anneks A i EN 1997-1:

- Vigtigt anneks, men svært at overskue
- Overblik via hjælpekema, f.eks. i Teknisk Ståbi
- DK NA til EN 1990/A1 går forud for Anneks A i EN 1997-1 vedr. partialkoefficienter på laster.

VEJL. TIL BELASTNINGS- OG BEREGNINGS-GRUNDLAG FOR VEJ- OG STIBROER

- 1. Brogrupper** defineret – som tidligere
- 2. Bæreevnevurdering og klassificering er inkluderet** - nyt:
 - Materialeafsnit udbygget (svarende til opbygningen i BN1-59)
 - Lastkombinationer udarbejdet efter retningslinierne i EN 1990/A1
- 3. Stibroer** – revideret:
 - Afsnit vedr. eftervisning af **fodgængerkomfort** udbygget, krav og model udbygget og differentieret
4. Lejer: Henvisning til EN 1993-2 Annex A mm. - nyt
- 5. Lastkombinationskemaer** i bilag
 - Vejbroer og stibroer
 - **Bæreevnevurdering og klassificering**

STIBROER, EFTERVISNING AF KOMFORTKRAV LODRETTE SVINGNINGER

Beliggenhedskategori	I Byzone I (tæt på indkøbs- centre o.lign.)	II Byzone II (tæt på stationer o.lign. på landet)	III Landzone
Lasttilfælde			
Gående personer	1 person/m ² (maks. N=200)	0,5 person/m ² (maks. N=50)	Undersøges ikke
Personer i løb	1 person/m ² (maks. N=100)	0,5 person/m ² (maks. N=10)	Undersøges ikke
Vandalisme (koordinerede hop)	N=5	N=5	N=5

Lasttilfælde	Komfortkrav
Gående personer	1,00·0,7 [m/s ²]
Personer i løb	1,50·0,7 [m/s ²]
Vandalisme (koordinerede hop)	1,80·0,7 [m/s ²]

STIBROER, LASTMODEL LODRETTE SVINGNINGER

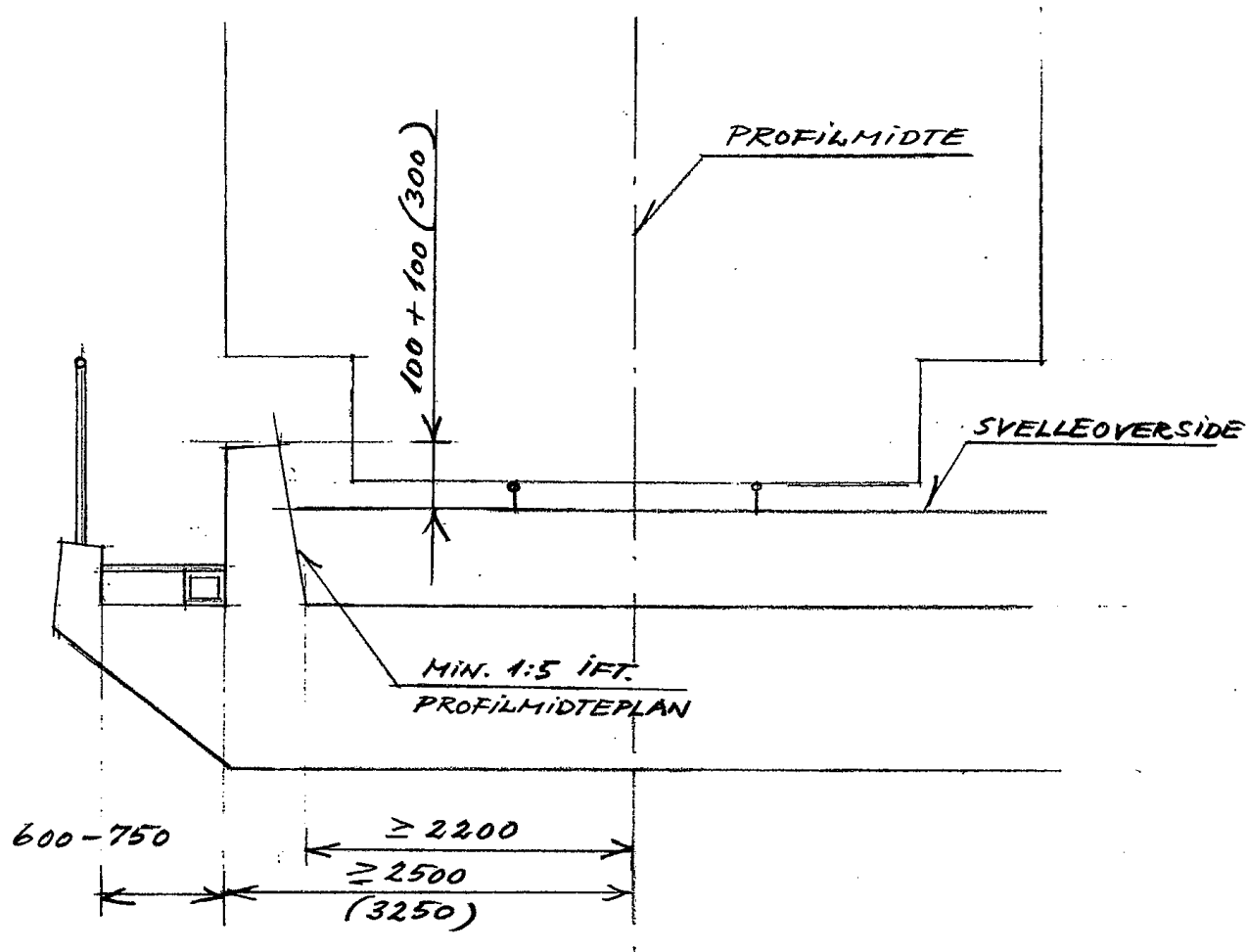
$$F(t) = G \left[1 + \sum_{j=1}^{\infty} \alpha_j \sin(\pi f_j t - \phi_j) \right]$$

Lasttilfælde	α_1	α_2	α_3
Gående personer	0,50	0,10	0,06
Personer i løb	1,40	0,30	0,10
Vandalisme (koordinerede hop)	1,60	0,70	0,20

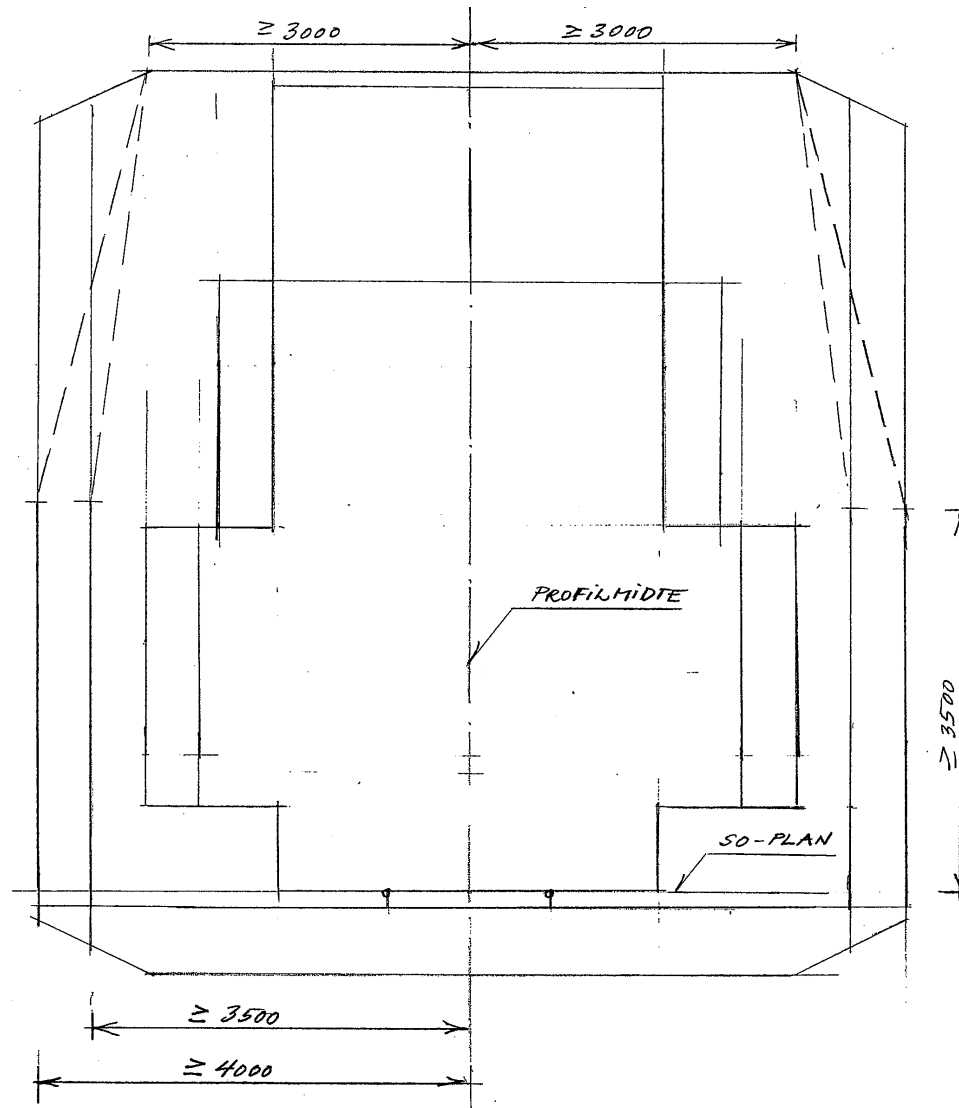
BN1-59-3 – HVAD ER NYT?

1. **Supplerende geometriregler**, fritrum omkring spor og underført bane
2. **Beskyttelsesskinner på sporbærende broer**
3. Skærmtage og køreledningsophæng
4. **Jording af armering i betonbroer**
5. Rækværker, udfyldninger og håndlister
6. Thermitsvejsning på broer
7. Supplerende laster, afsporing (tekst uændret, men flyttet fra NAD)
8. **Last på dæmninger og støttevægge**: Lastmodeller og beregningsforudsætninger (jordtryksfordeling, vandtryk, jordankre under spor)
9. **Udmattelse**: Lastmodel justeret iht. EN 1991-2 Trafiklast på broer
10. Ibrugtagningstilladelser (validering ved 3. part)
11. **Opgradering af strækninger**
12. DSM på sporbærende broer
13. Udfyldte lastkombinationskemaer

GEOMETRI, INTEGRERET BALLASTSKOT



GEOMETRI, TUNNELRAMMER

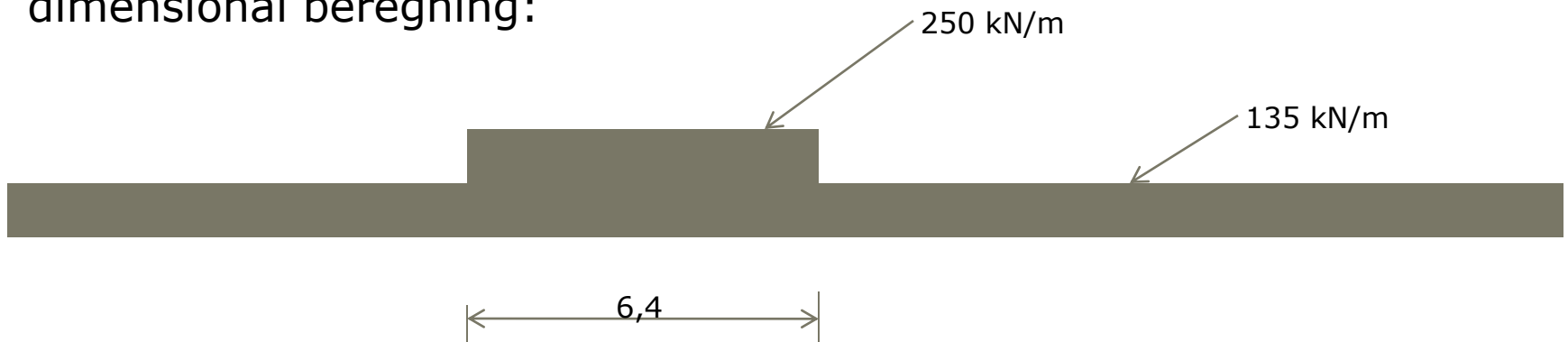


LAST PÅ DÆMNINGER OG STØTTE- OG SPUNSVÆGGE

Ved stabilitetsberegning af dæmninger, 2-dimensional beregning:



Ved beregning af jordtryk på støttevægge og spunsvægge skal der tages hensyn til lokal forøgelse af laster fra boggi-aksler, 3-dimensional beregning:



AFSLUTTENDE KOMMENTARER

Overgangen bliver brat:

- Meget nyt stof - gi' Jer tid til at læse og forstå det.
- Spørg og meld ud.
- Hjælp hinanden i overgangsperioden.
- Vær opdateret omkring rettelsesblade (både til Eurocodes og NA'ere)!

Men:

- DS 409, 410, 411, 412, 415 osv. fra slutningen af 1990'erne gør overgangen langt nemmere
- Perspektivrigt, når vi på tværs af landegrænser samarbejder og konkurrerer på samme grundlag og betingelser

TAK FOR OPMÆRKSOMHEDEN