
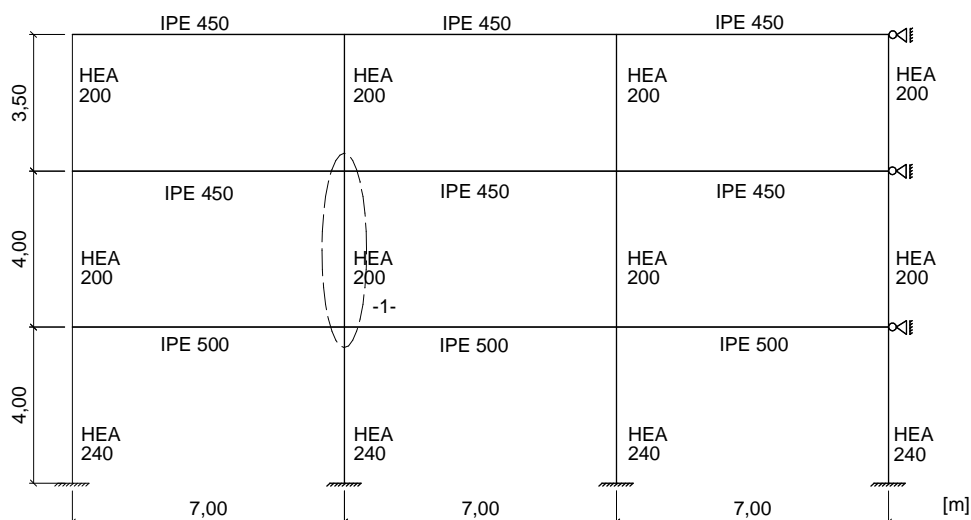


ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Document Ref:	<i>SX010a-EN-EU</i>	Strona	<i>1</i> z <i>7</i>	
	Tytuł	<i>Przykład: Słup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej</i>			
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-1</i>			
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>	
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>	

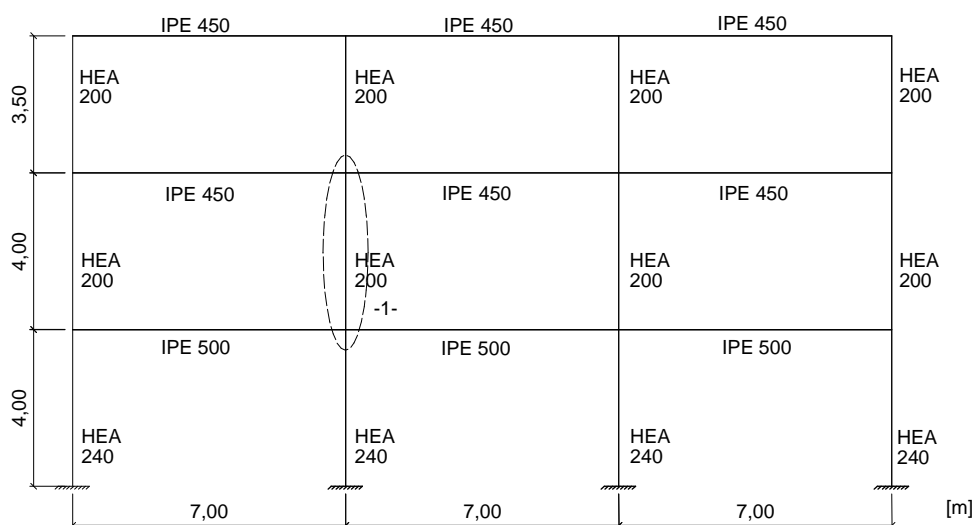
Przykład: Słup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej


Przykład obejmuje zasady projektowania słupa z trzonem z dwuteownika szerokostopowego, lub rury prostokątnej, w ramie budynku wielokondygnacyjnego z węzłami sztywnymi. Pokazano obliczenia nośności elementu na wyoboczenie dla różnych typów kształtowników walcowanych na gorąco (dwuteowniki H lub rury prostokątnej), różnych gatunków stali i długości wyoboczeniowych.

a) Rama nieprzechyłowa



b) Rama przechyłowa



	Document Ref:	<i>SX010a-EN-EU</i>	Strona	<i>2 z 7</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Słup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>

Dane podstawowe

Projektowanie słupa budynku wielokondygnacyjnego jest oparte na następujących danych:

- Współczynnik częściowy: $\gamma_{M1} = 1,00$
- Rozpiętość przęsła: 7,00 m
- Wysokość słupa: 3,50 / 4,00 m
- Gatunek stali: S355
- Klasyfikacja przekroju: Klasa 1
- Siła podłużna w słupie -1-: 743 kN


- Słup: HE 200 A: $I_y = 3690 \text{ cm}^4$
 $A = 53,8 \text{ cm}^2$
- HE 240 A: $I_y = 7760 \text{ cm}^4$
 $A = 76,8 \text{ cm}^2$
- Belki: IPE 450: $I_y = 33740 \text{ cm}^4$
- IPE 500: $I_y = 48200 \text{ cm}^4$

Granica plastyczności

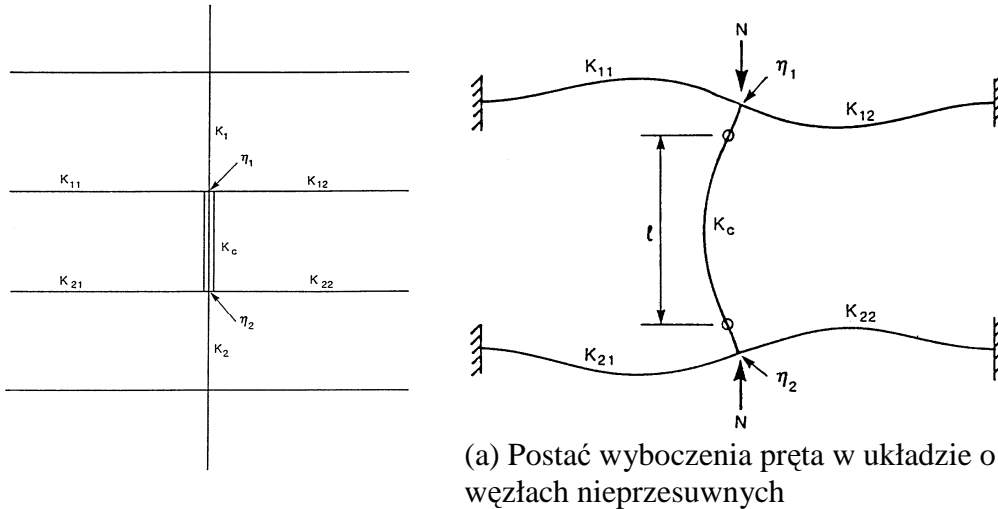
Gatunek stali S355

Największa grubość ścianki słupa wynosi 10,0 mm < 40 mm, więc:
 $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$

Uwaga: Złącznik krajowy może narzucić wartości f_y z Tablicy 3.1 lub wartości z norm wyrobu

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Document Ref:	<i>SX010a-EN-EU</i>	Strona	3 z 7
	Tytuł	Przykład: Słup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej		
	Dot. Eurokodu	EN 1993-1-1		
	Wykonał	Matthias Oppe	Data	czerwiec 2005
	Sprawdził	Christian Müller	Data	czerwiec 2005

a) Rama nieprzechyłowa:



Współczynniki rozdziału (stopnie podatności węzłów) η_1 i η_2 :

Belki nie są poddane działaniu siły podłużnej. Kąt obrotu drugiego końca belki w przybliżeniu odpowiada kątowi obrotu w miejscu zamocowania belki do rozpatrywanego słupa, lecz jest o przeciwnym znaku (pojedyncza krzywizna).

Tak więc efektywna sztywność może zostać wyliczona jako

k_c = współczynnik sztywności słupa I/l

k_{ij} = efektywny współczynnik sztywności belki $0,5I/l$

więc:
$$\eta_1 = \frac{k_c + k_1}{k_c + k_1 + k_{11} + k_{12}} = \frac{\frac{3690}{400} + \frac{3690}{350}}{\frac{3690}{400} + \frac{3690}{350} + 2 \times 0,5 \frac{33740}{700}} = 0,291$$

$$\eta_2 = \frac{k_c + k_2}{k_c + k_2 + k_{21} + k_{22}} = \frac{\frac{3690}{400} + \frac{7760}{400}}{\frac{3690}{400} + \frac{7760}{400} + 2 \times 0,5 \frac{48200}{700}} = 0,294$$


$$\frac{L_{cr}}{L} = 0,595$$

lub
$$\frac{L_{cr}}{L} = 0,5 + 0,14(\eta_1 + \eta_2) + 0,055(\eta_1 + \eta_2)^2$$

$$= 0,5 + 0,14(0,291 + 0,294) + 0,055(0,291 + 0,294)^2 = 0,601$$

Patrz NCCI
[SN008](#)

[SN008](#)
Rys. 2.1

	Document Ref:	SX010a-EN-EU	Strona	4 z 7
	Tytuł	Przykład: Słup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej		
	Dot. Eurokodu	EN 1993-1-1		
	Wykonał	Matthias Oppe	Data	czerwiec 2005
	Sprawdził	Christian Müller	Data	czerwiec 2005

Obliczeniowa nośność na wyboczenie elementu ściskanego

W celu wyznaczenia obliczeniowej nośności słupa na wyboczenie $N_{b,Rd}$, należy określić z odpowiedniej krzywej wyboczeniowej współczynnik wyboczenia χ . Współczynnik ten wyznacza się na podstawie smukłości względnej $\bar{\lambda}$, wynikającej z siły krytycznej miarodajnej postaci wyboczenia sprężystego oraz z nośności obliczeniowej przekroju.

Siła krytyczna wyboczenia sprężystego przy miarodajnej postaci wyboczenia N_{cr}

Siła krytyczna może zostać obliczona z następującej zależności:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 21000 \times 3690}{240,2^2} = 13250 \text{ kN}$$

E jest współczynnikiem sprężystości: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

L_{cr} jest długością wyboczeniową w rozpatrywanej płaszczyźnie wyboczenia:
 $L_{cr,y} = 0,601 \times 400 = 240,2 \text{ cm}$

Smukłość względna

Smukłość względna jest określona wzorem:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{53,8 \times 35,5}{13250}} = 0,380$$

W przypadku elementów o smukłości $\bar{\lambda} \leq 0,2$ (lub gdy $\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$) warunek stateczności może zostać pominięty i sprawdza się jedynie warunek nośności przekroju.

Współczynnik wyboczenia

W przypadku elementów ściskanych siłą podłużną wartość współczynnika χ wyznacza się zależnie od smukłości względnej $\bar{\lambda}$ według krzywej wyboczeniowej z zależności:


$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \text{ but } \chi \leq 1,0$$

gdzie: $\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$

α jest parametrem imperfekcji.

Por. [SX002](#)

PN-EN
1993-1-1 §
[6.3.1.2](#) (1)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Document Ref:	<i>SX010a-EN-EU</i>	Strona	<i>5</i>	z	<i>7</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Stup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej</i>				
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-1</i>				
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>		
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>		

Dla $h/b = 190/200 = 0,95 < 1,2$ oraz $t_f = 10,0 < 100$ mm

- Wyboczenie względem osi y-y:

Krzywa wyboczeniowa b , parametr imperfekcji $\alpha = 0,34$

$$\phi_y = 0,5 \left[1 + 0,34 (0,38 - 0,2) + 0,38^2 \right] = 0,603$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,603 + \sqrt{0,603^2 - 0,38^2}} = 0,934$$

Obliczeniowa nośność elementu na wyboczenie

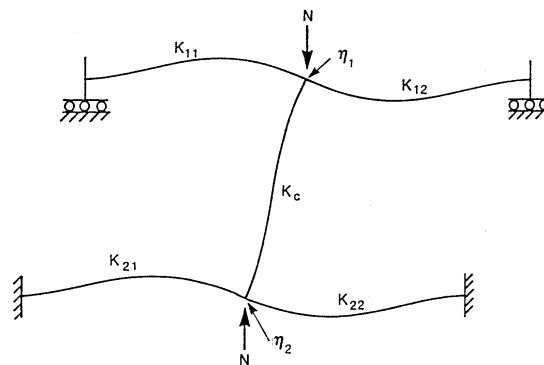
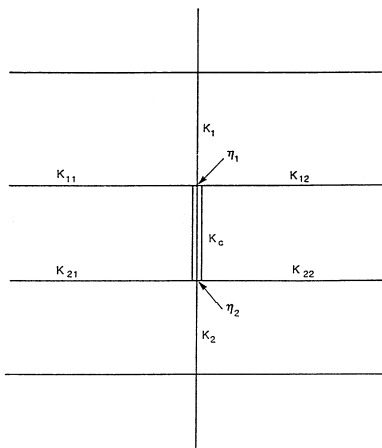
$$N_{b,Rd} = \chi \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,934 \frac{53,8 \times 35,5}{1,0} = 1784 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{743}{1784} = 0,416 < 1,0$$


Uwaga: Jeśli w elemencie działa moment zginający, należy sprawdzić warunki interakcji $M-N$.

PN-EN1993-1-1 §6.3.3

b) Rama przechyłowa:



(b) Postać wyboczenia pręta w układzie o węzłach przesuwnych

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Document Ref:	<i>SX010a-EN-EU</i>	Strona	6 z 7
	Tytuł	<i>Przykład: Słup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>

Współczynniki rozdziału (stopnie podatności węzłów) η_1 oraz η_2 :

Belki nie są poddane działaniu siły podłużnej. Kąt obrotu drugiego końca belki w przybliżeniu odpowiada kątowi obrotu w miejscu zamocowania belki do rozpatrywanego słupa (podwójna krzywizna).

Tak więc efektywna sztywność może zostać obliczona jako

k_c = współczynnik sztywności słupa I/l

k_{ij} = efektywny współczynnik sztywności belki $1,5I/l$

$$\text{więc: } \eta_1 = \frac{k_c + k_1}{k_c + k_1 + k_{11} + k_{12}} = \frac{\frac{3690}{400} + \frac{3690}{350}}{\frac{3690}{400} + \frac{3690}{350} + 2 \times 1,5 \frac{33740}{700}} = 0,120$$

$$\eta_2 = \frac{k_c + k_2}{k_c + k_2 + k_{21} + k_{22}} = \frac{\frac{3690}{400} + \frac{7760}{400}}{\frac{3690}{400} + \frac{7760}{400} + 2 \times 1,5 \frac{48200}{700}} = 0,122$$

$$\frac{L_{cr}}{L} = 1,07$$


$$\text{lub } \frac{L_{cr}}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2(\eta_1 + \eta_2) - 0,12\eta_1\eta_2}{1 - 0,8(\eta_1 + \eta_2) + 0,6\eta_1\eta_2}}$$

$$= \sqrt{\frac{1 - 0,2(0,120 + 0,122) - 0,12 \times 0,120 \times 0,122}{1 - 0,8(0,120 + 0,122) + 0,6 \times 0,120 \times 0,122}} = 1,079$$

Obliczeniowa nośność na wyboczenie elementu ściskanego

W celu wyznaczenia obliczeniowej nośności słupa na wyboczenie $N_{b,Rd}$, należy określić z odpowiedniej krzywej wyboczeniowej współczynnik wyboczenia χ . Współczynnik ten wyznacza się na podstawie smukłości względnej $\bar{\lambda}$, wynikającej z siły krytycznej miarodajnej postaci wyboczenia sprężystego oraz z nośności obliczeniowej przekroju.

[SN008](#)
Rys. 2.2

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Document Ref:	<i>SX010a-EN-EU</i>	Strona	<i>7 z 7</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Słup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>

Siła krytyczna miarodajnej postaci wyboczenia sprężystego N_{cr}

Siła krytyczna może zostać obliczona z następującej zależności:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 21000 \times 3690}{431,8^2} = 4102 \text{ kN}$$

E jest modułem sprężystości: $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

L_{cr} jest długością wyboczeniową w rozpatrywanej płaszczyźnie wyboczenia:

$$L_{cr,y} = 1,079 \times 400 = 431,8 \text{ cm}$$

Smukłość względna

Smukłość względna jest określona wzorem:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{53,8 \times 35,5}{4102}} = 0,682$$

W przypadku elementów o smukłości $\bar{\lambda} \leq 0,2$ (lub gdy $\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$) warunek stateczności może zostać pominięty i należy sprawdzić tylko nośność przekroju.

Współczynnik wyboczeniowy


W przypadku elementów ściskanych siłą podłużną wartość współczynnika χ wyznacza się zależnie od smukłości względnej $\bar{\lambda}$ według krzywej wyboczeniowej o postaci:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \text{ but } \chi \leq 1,0$$

gdzie: $\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$

α jest parametrem imperfekcji.

PN-EN
1993-1-1 §
[6.3.1.2](#) (1)

	Document Ref:	<i>SX010a-EN-EU</i>	Strona	8	z	7
	Tytuł	<i>Przykład: Stup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej</i>				
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-1</i>				
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>		
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>		

Dla $h/b = 190/200 = 0,95 < 1,2$ oraz $t_f = 10,0 < 100$ mm

- Wyboczenie względem osi y-y:

Krzywa wyboczenia b , parametr imperfekcji $\alpha = 0,34$

$$\phi_y = 0,5 \left[1 + 0,34 (0,682 - 0,2) + 0,682^2 \right] = 0,815$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,815 + \sqrt{0,815^2 - 0,682^2}} = 0,794$$

Nośność obliczeniowa elementu na wyboczenie

$$N_{b,Rd} = \chi \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,794 \frac{53,8 \times 35,5}{1,0} = 1516 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{743}{1516} = 0,490 < 1,0$$

Uwaga: Jeśli w elemencie działa moment zginający, należy sprawdzić warunki interakcji $M-N$.

PN-EN
1993-1-1
[§6.3.3](#)

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Przykład: Słup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej		
Odniesienie			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Imię i nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Matthias Oppe	RWTH	23/06/05
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Christian Müller	RWTH	23/06/05
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Zawartość techniczna zaaprobowana przez:			
1. Wielka Brytania	G W Owens	SCI	7/7/05
2. Francja	A Bureau	CTICM	17/8/05
3. Szwecja	A Olsson	SBI	8/8/05
4. Niemcy	C Muller	RWTH	10/8/05
5. Hiszpania	J Chica	Labein	12/8/05
Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego	G W Owens	SCI	08/06/06
TŁUMACZENIE DOKUMENTU			
Tłumaczenie wykonał i sprawdził:		L. Ślęczka	
Tłumaczenie zatwierdzone przez:			

Informacje ramowe

Tytuł*	Przykład: Słup ramy wielokondygnacyjnej z trzonem z dwuteownika szerokostopowego lub rury prostokątnej	
Seria		
Opis*	Przykład obejmuje zasady projektowania słupa z trzonem z dwuteownika szerokostopowego, lub rury prostokątnej, w ramie budynku wielokondygnacyjnego z węzłami sztywnymi. Pokazano obliczenia nośności elementu na wyboczenie dla różnych typów kształtowników walcowanych na gorąco (dwuteowniki H lub rury prostokątnej), różnych gatunków stali i długości wyboczeniowych.	
Poziom dostępu*	Umiejętności specjalistyczne	Specjalista
Identyfikator*	Nazwa pliku	P:\CMP\CMP554\Finalization\SX files\SX010\SX010a-EN-EU.doc
Format	Microsoft Office Word; 9 stron; 436kb;	
Kategoria*	Typ zasobu	Przykład obliczeniowy
	Punkt widzenia	Inżynier
Temat*	Obszar stosowania	Budynki wielokondygnacyjne
Daty	Data utworzenia	17/08/2005
	Data ostatniej modyfikacji	07/07/05
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*		Polski
Kontakt	Autor	Matthias Oppe, RWTH
	Sprawdził	Christian Müller, RWTH
	Zatwierdził	
	Redaktor	
	Ostatnia modyfikacja	
Słowa klucz.*	Słup ramy wielokondygnacyjnej, nośność na wyboczenie	
Zobacz też	Odniesienie do Eurokodu	EN1993-1-1
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	SN008, SX002
Sprawozdanie	Przydatność krajowa	Europa
Instrukcje szczególne		