



5-th International Conference
MODERN TRENDS OF FIRE PROTECTION
IN ROLLING STOCK

**The use of risk assessment and
RAMS standards in rail transport
in the area of fire safety**

Marek PAWLIK
Jolanta Maria RADZISZEWSKA-WOLIŃSKA



Directive (EU) 2016/798 on railway safety / Regulation (EU) 2013/402 on the common safety method for risk evaluation and assessment

‘safety’ means freedom from unacceptable risk of harm;

‘risk’ means the frequency of occurrence of accidents and incidents resulting in harm (caused by a hazard) and the

‘hazard’ means a condition that could lead to an accident;

degree of severity of that harm;

DIRECTIVE (EU) 2016/797 on the interoperability of the rail system ANNEX III – ESSENTIAL REQUIREMENTS

Chosen general requirements

The design of fixed installations and rolling stock and the choice of the materials used must be aimed at limiting the generation, propagation and effects of fire and smoke in the event of a fire.

Those materials must be selected, deployed and used in such a way as to restrict the emission of harmful and dangerous fumes or gases, particularly in the event of fire.

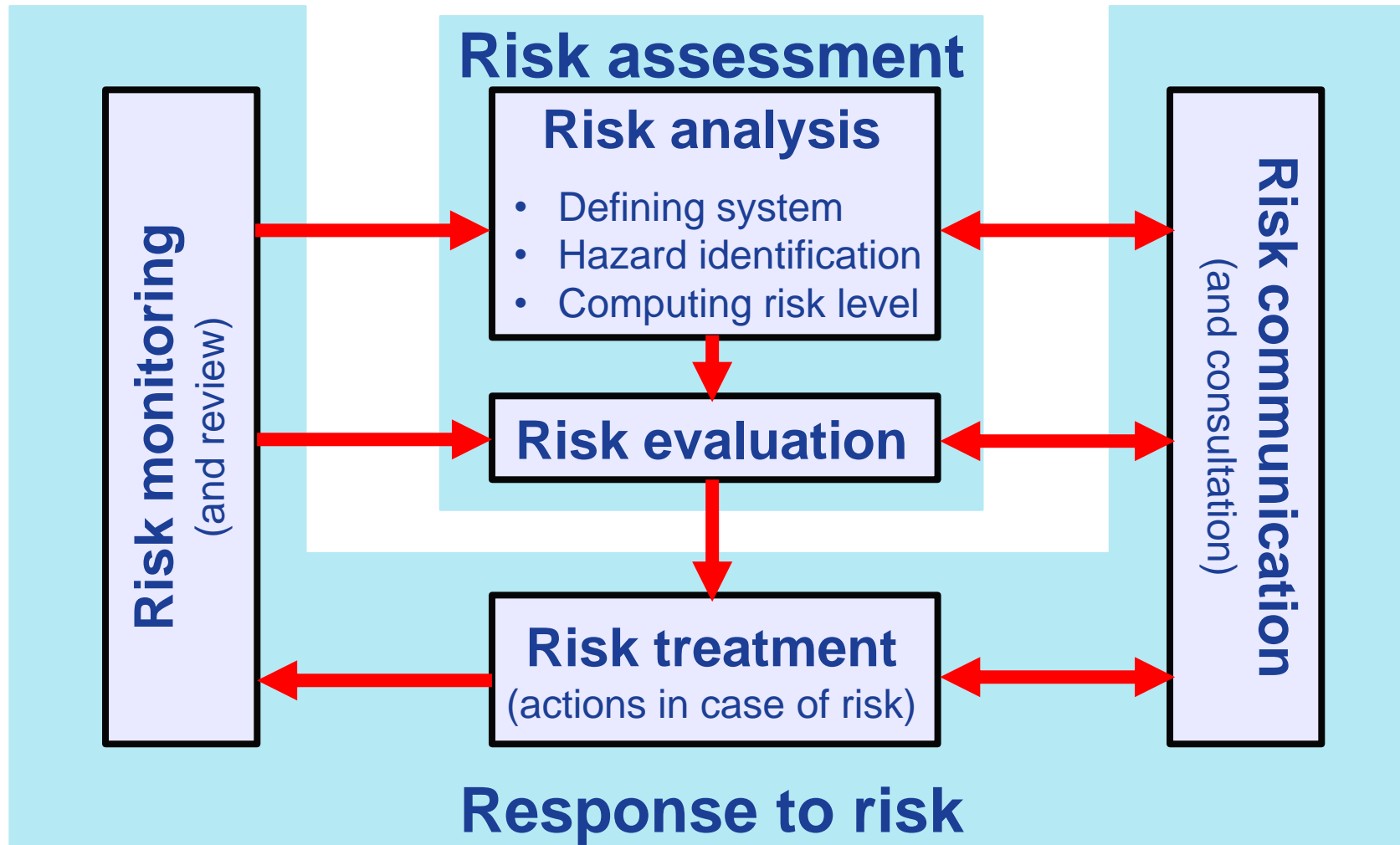
The materials used in the trains and infrastructures must prevent the emission of fumes or gases which are harmful and dangerous to the environment, particularly in the event of fire.

Rolling Stock specific chosen requirements (key ones from fire safety point of view)

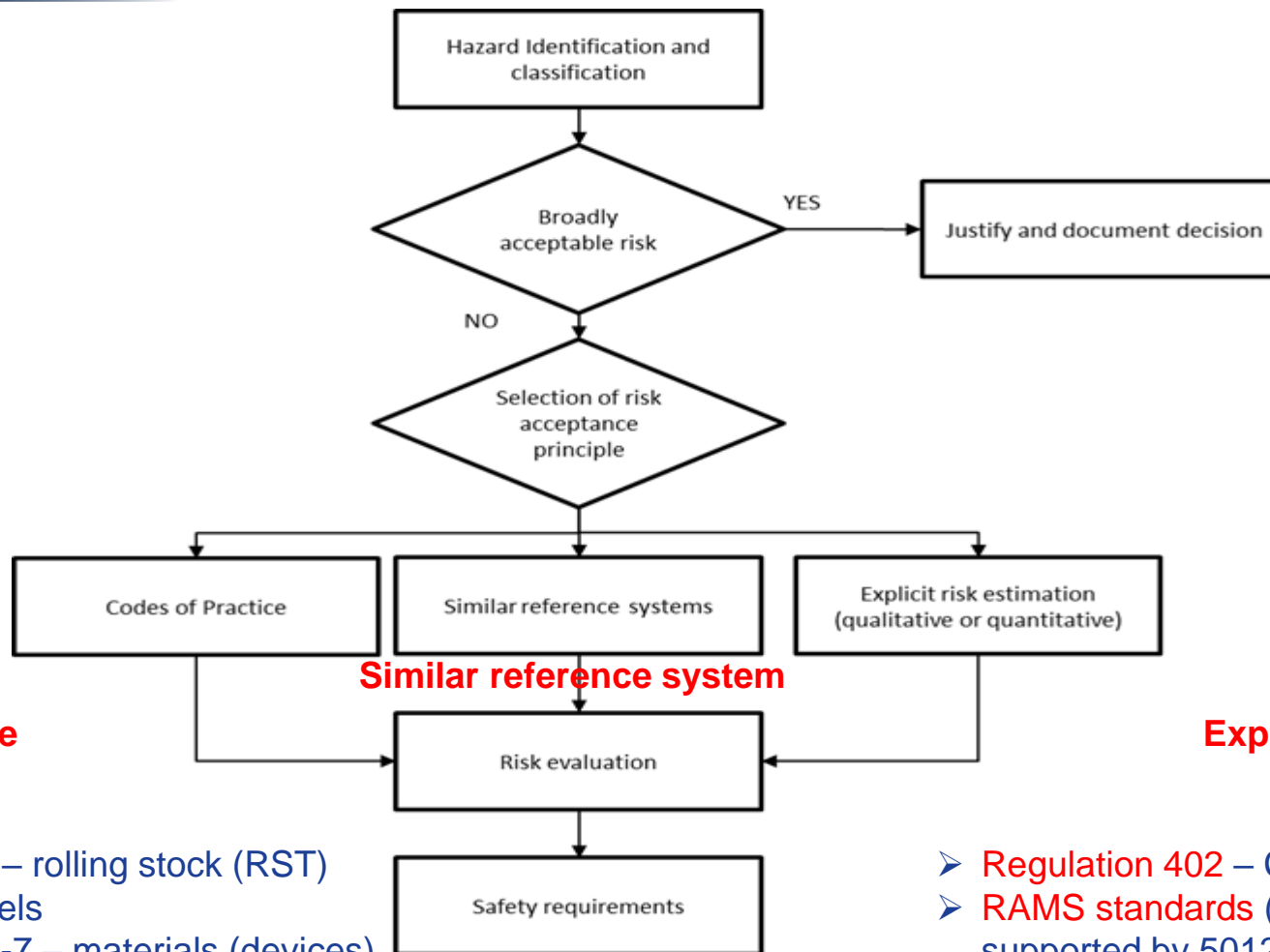
The rolling-stock structures and those of the links between vehicles must be designed in such a way as to protect the passenger and driving compartments in the event of collision or derailment.

Emergency exits must be provided and indicated.

Appropriate provisions must be laid down to take account of the particular safety conditions in very long tunnels.



three possible approaches to risk assessment



CoP

Codes of Practice for fire safety

- TSI LOC&PAS – rolling stock (RST)
- TSI SRT - tunnels
- EN 45545-1 to -7 – materials (devices)
- EN 50553 – running with fire (via tunnels)
- RAMS standards (partly)

Similar reference system

[source: EN 50126-1]

ERE

Explicit risk estimation also for fire safety

- Regulation 402 – CSM RA
- RAMS standards (EN 50126-1 & -2 supported by 50128, 50129 & 50159)
 - SIL levels & TFFR & THR values
 - frequency/severity approach specific for railway applications

hot events scenarios

4.2.5.3.5 Safety requirements

- (1) 'failure in the passenger alarm system leading to the impossibility for a passenger to initiate the activation of brake in order to stop the train when train departs from a platform',
- (2) 'failure in the passenger alarm system leading to no information given to the driver in case of activation of a passenger alarm',

4.2.5.5.9 Door emergency opening

Safety requirement:

- (4) For the scenario 'failure in the internal emergency opening system of two adjacent doors along a through route (as defined in clause 4.2.10.5 of this TSI), the emergency opening system of other doors remaining available',

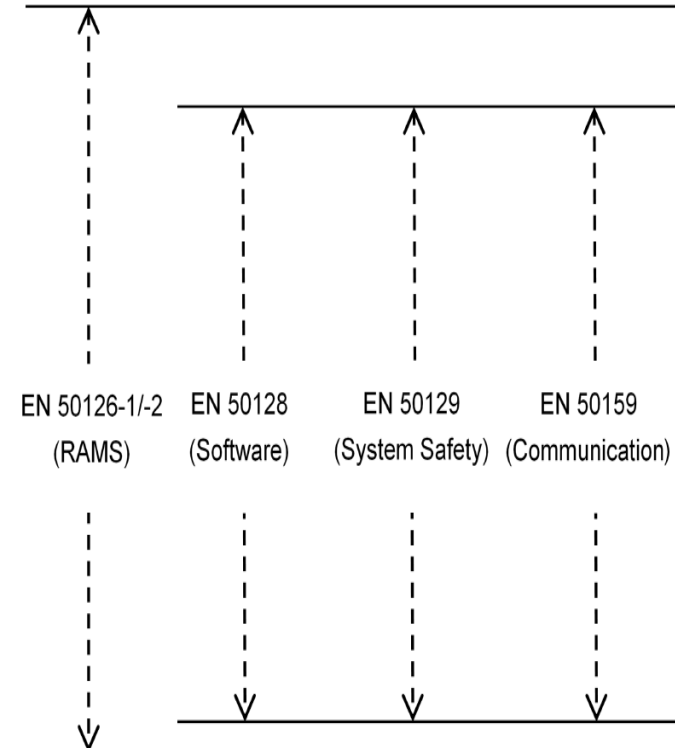
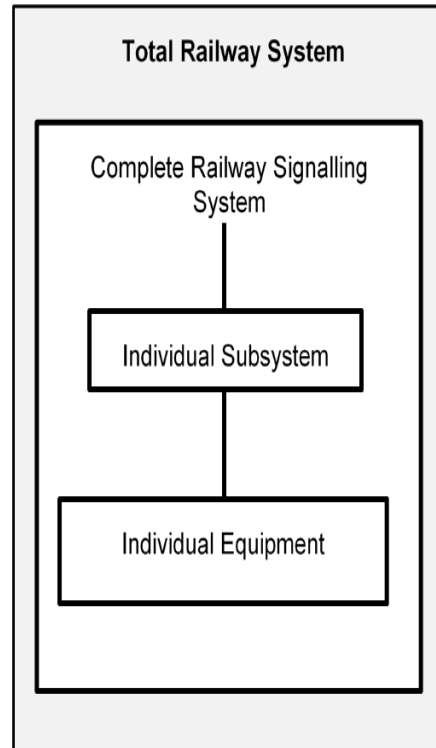
it shall be demonstrated that the risk is controlled to an acceptable level considering that the functional failure has typical credible potential to lead directly to 'single fatality and/or severe injury'.

The demonstration of conformity (conformity assessment procedure) is described in clause 6.2.3.5 of LOC&PAS TSI.



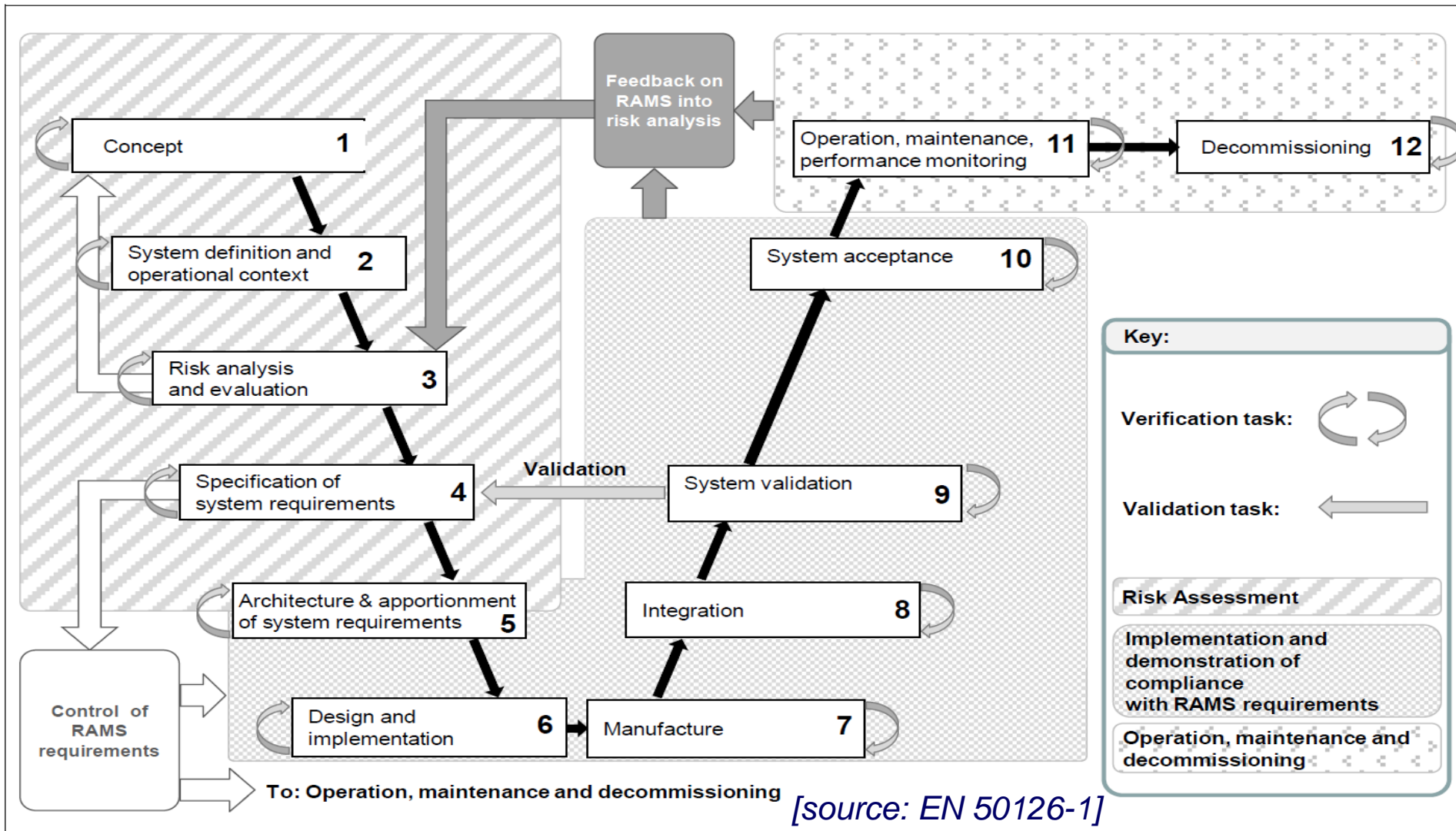
RAMS Standards

- ❑ **EN 50126-1:2017** Railway Applications – The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) – Part 1: Generic RAMS Process
- ❑ **EN 50126-2:2017** Railway Applications – The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) – Part 2: Systems Approach to Safety
- ❑ **EN 50128:2011** Railway Applications - Communication, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems
- ❑ **EN 50129:2018** Railway Applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling
- ❑ **EN 50159:2010** Railway Applications - – Communication, signalling and processing systems – Safety-related communication in transmission systems



[source: EN 50129]

RAMS Lifecycle (3&4 are risk assessment phases)



How to apply RAMS standards 1/3



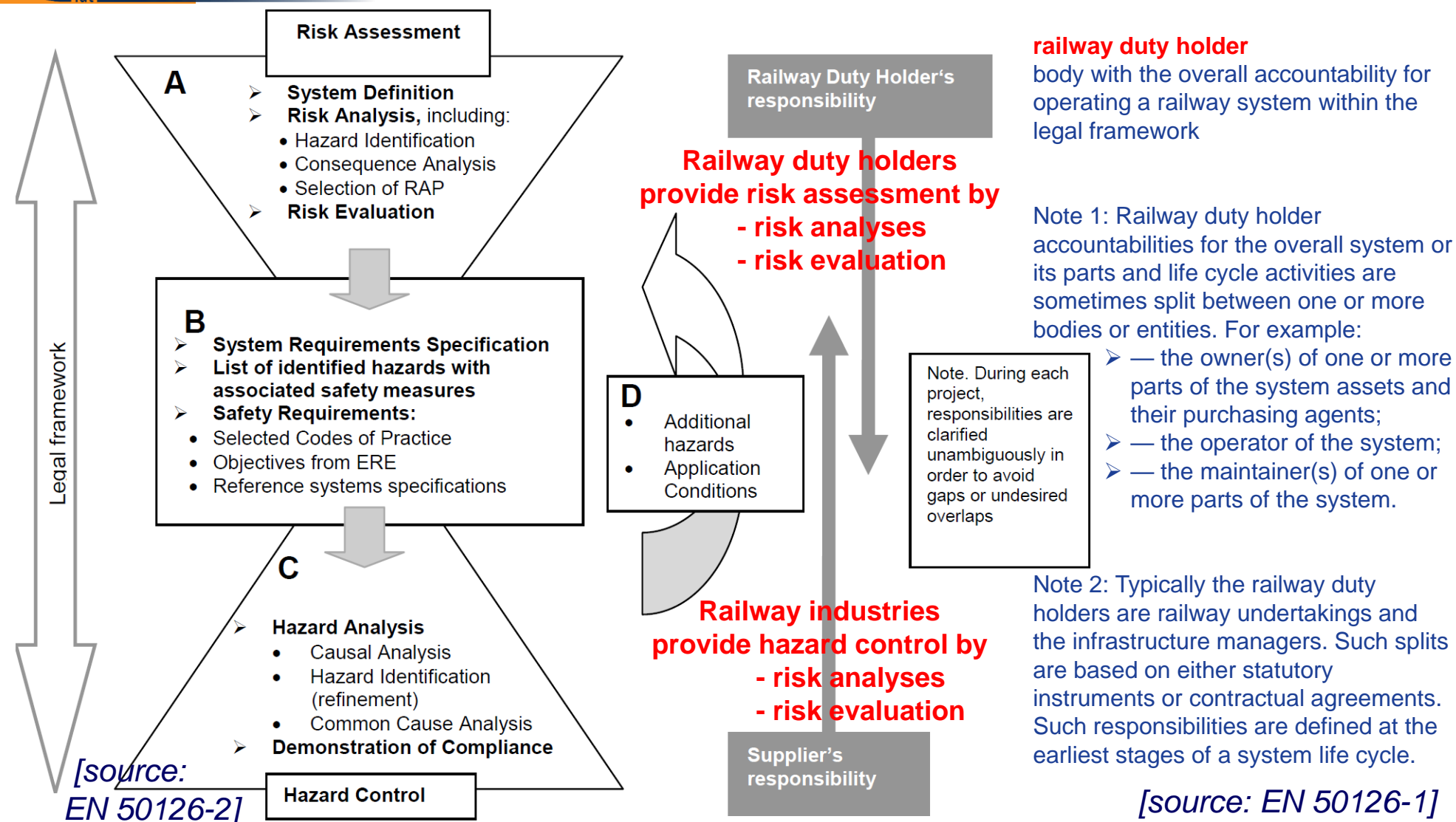
Correspondance tables shown in RAMS standards require both railway duty holders and railway industries to apply both EN 50126-1 and EN 50126-2 taking into account all requirements for ensuring both safety as well as reliability & availability.

Correspondence between this European Standard, the TSI “Locomotives and Passenger Rolling Stock” (REGULATION (EU) No 1302/2014 of 18 November 2014) and Directive 2008/57/EC

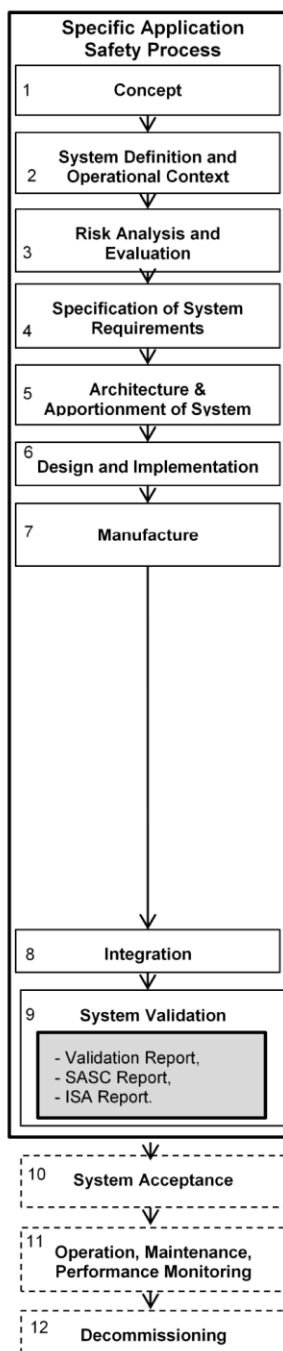
Clauses of this European Standard	Chapter/§/points/ of LOC & PAS RST TSI	Essential Requirements (ER) of Directive 2008/57/EC	Comments
The whole standard is applicable. (To be applied together with EN is still applicable -2)	4.2. Functional and technical specification of the sub-system 6.2.3.5. Conformity assessment for safety requirements	1. General Requirements 1.1 Safety 1.1.1 1.1.3 1.2. Reliability and availability 2. Requirements specific to each sub-subsystem 2.4. Rolling Stock 2.4.1 Safety 2.4.2. Reliability and availability	Reference to the standard in the TSI Application Guide should be updated Only elements having requirements related to safety and/or reliability-availability as stated in clause 3 of the TSI.

[source: EN 50126-1]

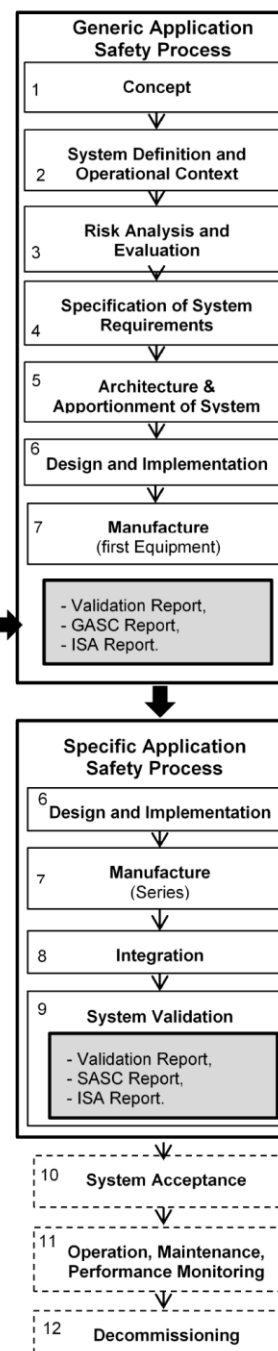
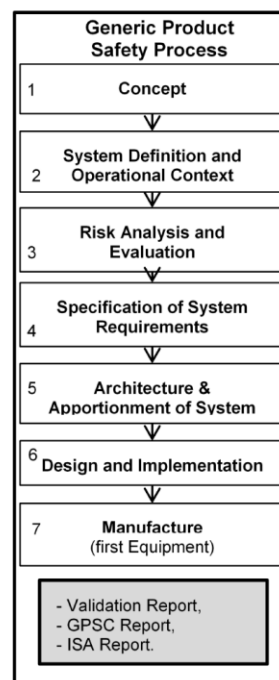
How to apply RAMS standards 2/3



How to apply RAMS standards 2/3



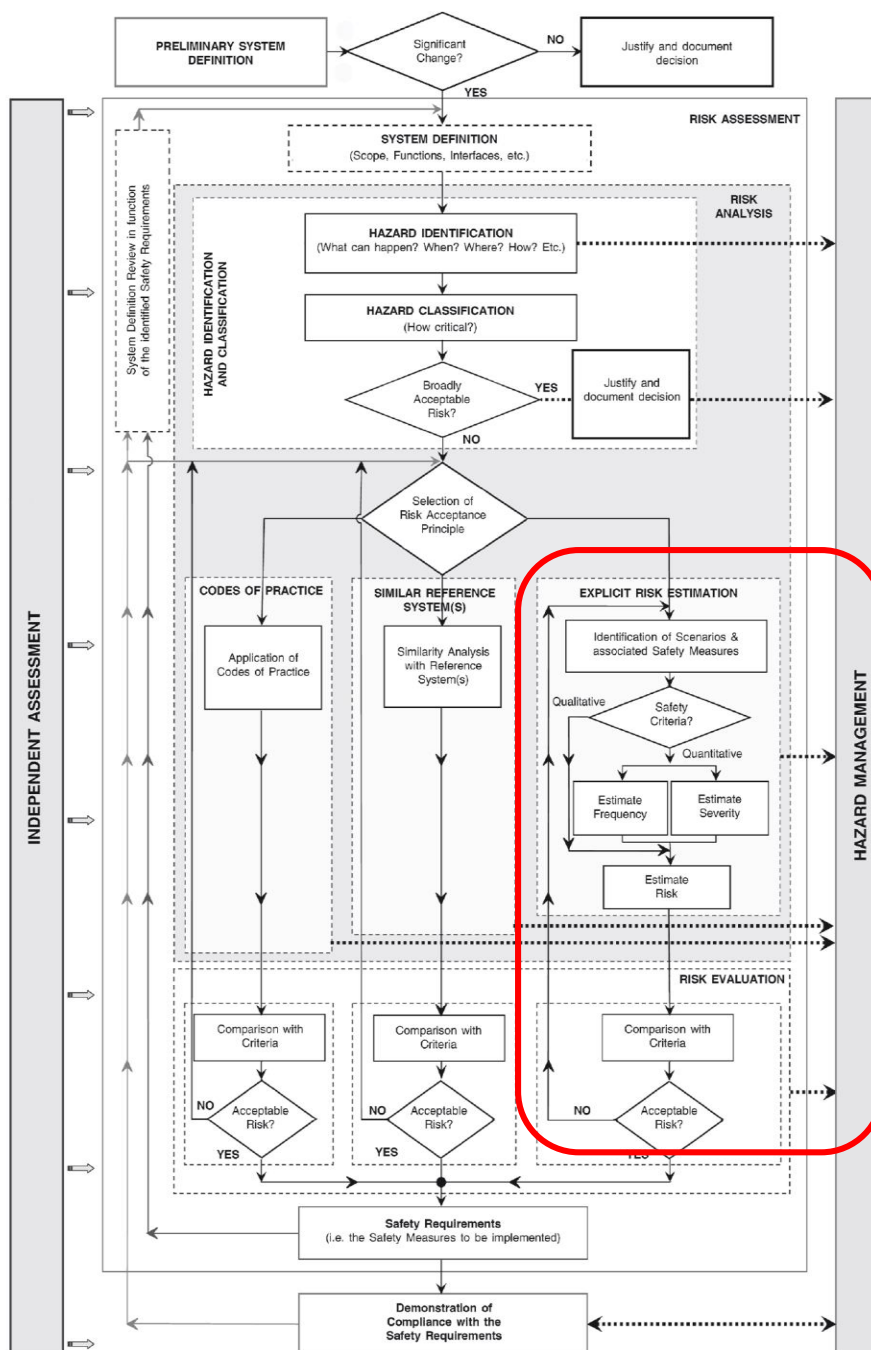
[source:
EN 50129]



Three different categories of Safety Case can be defined in accordance with these types of development, namely: **Generic Product Safety Case (GPSC)**, **Generic Application Safety Case (GASC)** and **Specific Application Safety Case (SASC)**.

For example in cases where there are several similar specific applications (e.g. based on the same process of configuring generic products), a Generic Application Safety Case can be produced, describing the system before its configuration in relation to the application under consideration and justifying the rules for configuring the generic product, products of generic applications to specific applications or classes of applications. The Specific Application Safety Cases can then be written on the basis of the Generic Application Safety Case. Several aspects (and related sections of the safety case) may be omitted if not applicable because already covered in the Generic Application Safety Case. Either GASC or SASC shall contain a justification of the safety of the process used for configuring the generic application to specific applications or classes of applications.

RAMS based ERE in CSM RA oveall block diagram



Article 4

Significant changes

1. If there is no notified national rule for defining whether a change is significant or not in a Member State, the proposer shall consider the potential impact of the change in question on the safety of the railway system.

If the proposed change has no impact on safety, the risk management process described in Article 5 need not be applied.

2. If the proposed change has an impact on safety, the proposer shall decide, by expert judgement, on the significance of the change based on the following criteria:

- failure consequence: credible worst-case scenario in the event of failure of the system under assessment, taking into account the existence of safety barriers outside the system under assessment;

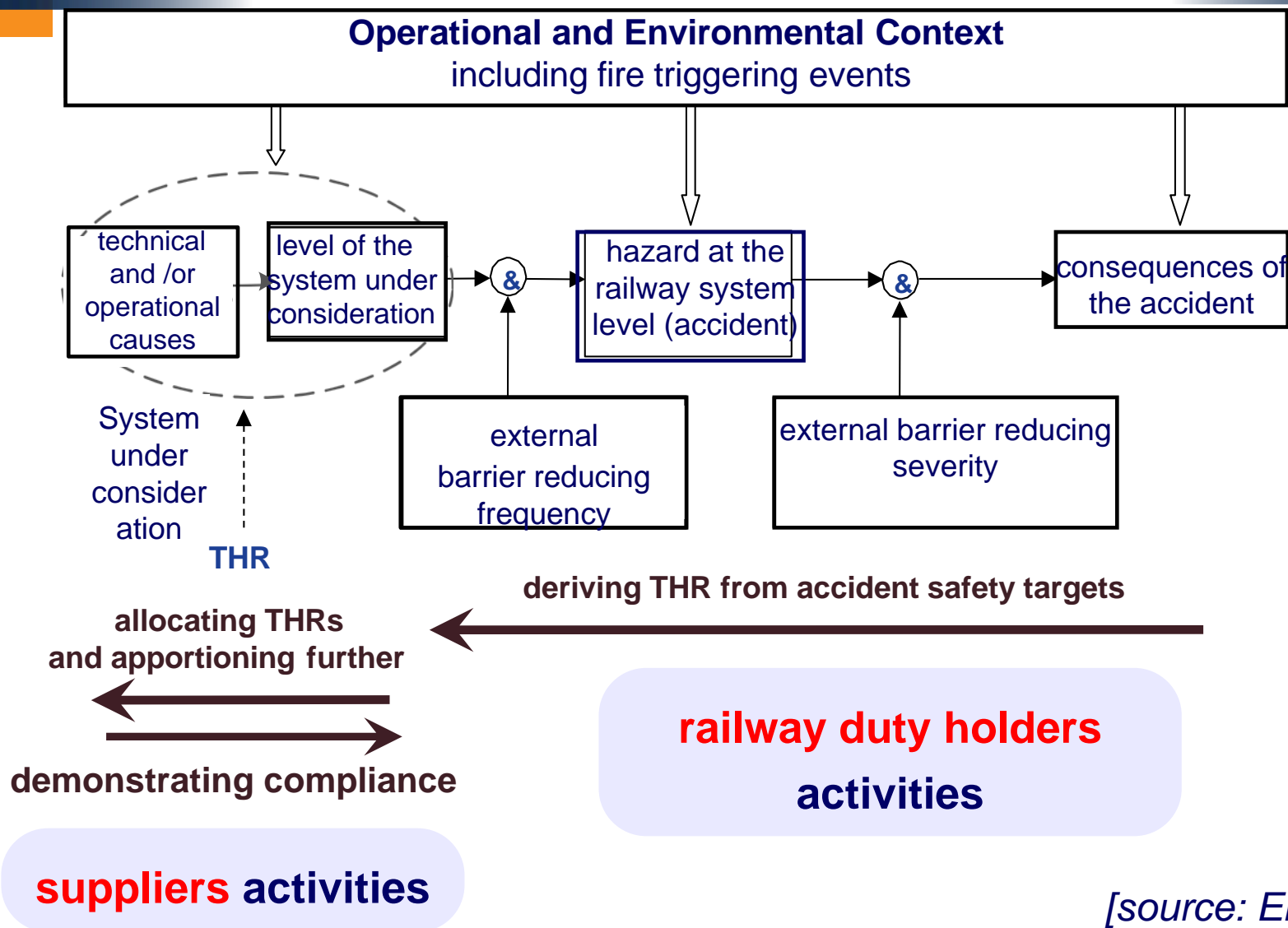
Article 6

Independent assessment

1. An assessment body shall carry out an independent assessment of the suitability of both the application of the risk management process as set out in Annex I and of its results. This assessment body shall meet the criteria listed in Annex II. Where the assessment body is not already designated by existing Union or national legislation, the proposer shall appoint its own assessment body at the earliest appropriate stage of the risk assessment process.

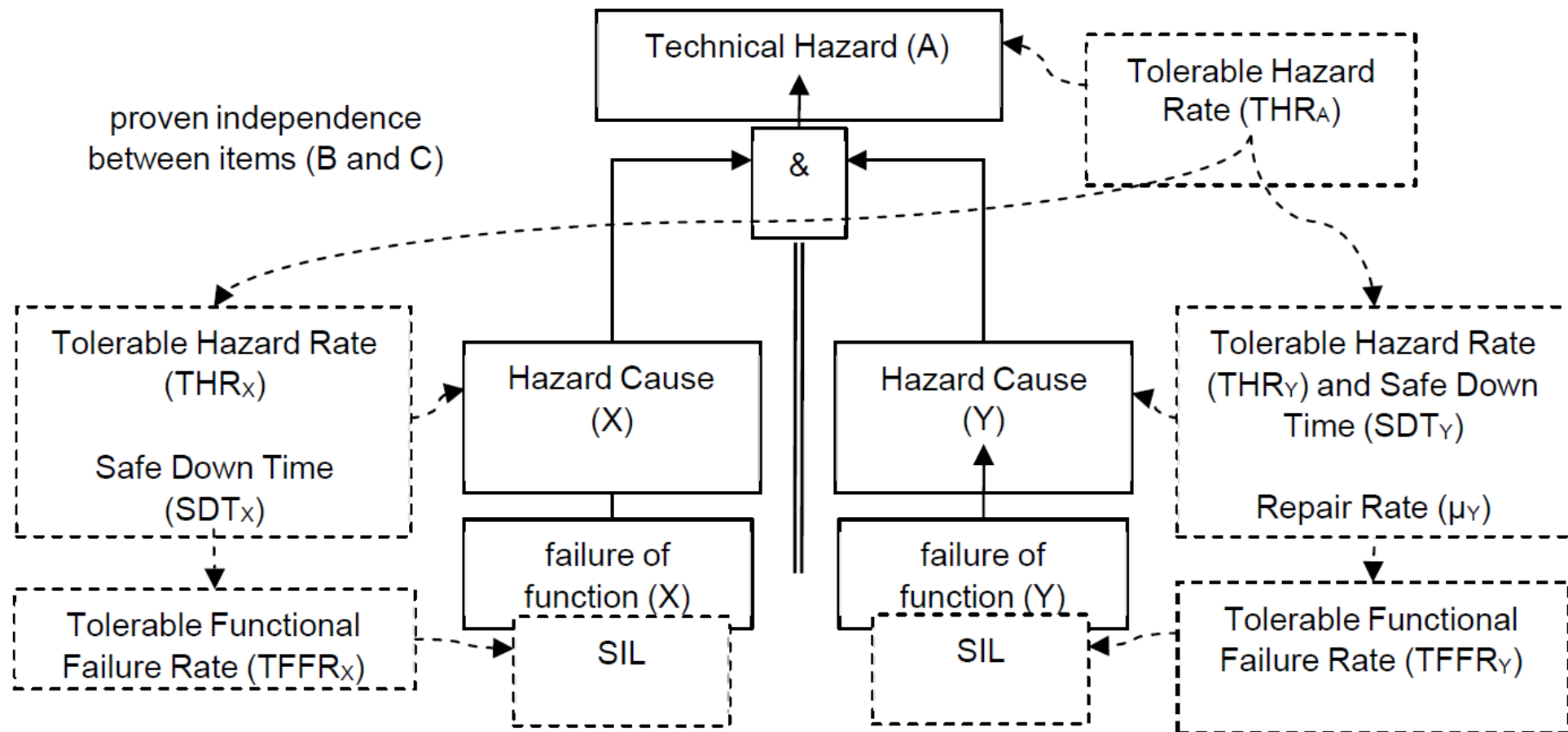
[source: Regulation 2013/402]

Risk model for RAMS application by both



[source: EN 50126-1]

Allocation of THRs quantitative approach



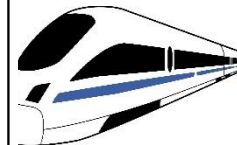
Allocation of the safety and reliability requirements as THR pointing Safety Integrity Levels (SIL) to functions and components [source: EN 50126-2]

Risk assessment for ERE qualitative approach



Frequency of occurrence of an accident (caused by a hazard)	Risk Acceptance Categories			
Frequent	Undesirable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
Probable	Tolerable	Undesirable	Intolerable	Intolerable
Occasional	Tolerable	Undesirable	Undesirable	Intolerable
Rare	Negligible	Tolerable	Undesirable	Undesirable
Improbable	Negligible	Negligible	Tolerable	Undesirable
Highly improbable	Negligible	Negligible	Negligible	Tolerable
	Insignificant	Marginal	Critical	Catastrophic
	Severity of an accident (caused by a hazard)			

Qualitative approach – based on frequencies and severities according to RAMS standards
[source: EN 50126-1, Annex C]

Frequency level	Description		Example of a frequency range based on a single item operating	Example of equivalent occurrence in a 30 year lifetime of a single item operating	
	Severity category	Consequences to persons or environment		Consequences on service/property	
Frequent	Catastrophic	<ul style="list-style-type: none">Affecting a large number of people and resulting in multiple fatalities, and/orextreme damage to the environment		Any of the below consequences in presence of consequences to persons or environment	
Probable					
Occasional	Critical	<ul style="list-style-type: none">Affecting a very small number of people and resulting in at least one fatality, and/orlarge damage to the environment		Loss of a major system	
		<ul style="list-style-type: none">No possibility of fatality, severe or minor injuries		Severe system(s)	
Rare	Risk Acceptance Category	Actions to be applied			
	Intolerable	The risk shall be eliminated			
Improbable	Undesirable	The risk shall only be accepted if its reduction is impracticable and with the agreement of the railway duty holders or the responsible Safety Regulatory Authority.			
	Tolerable	The risk can be tolerated and accepted with adequate control (e.g. maintenance procedures or rules) and with the agreement of the responsible railway duty holders.			
Highly improbable	Negligible	The risk is acceptable without the agreement of the railway duty holders.			

Railway duty holders hazard logs



All critical identified hazards associated with malfunctioning of critical functionalities, lack of functioning of critical devices associated with critical functionalities as well as loss of fail-safety or SIL4 related functions have to be seen as hazards and put into a hazard log.

Hazard log is an obligatory part of the Safety Management System which is required by the Railway Safety Directive as a basis for the:

- ➔ **Safety Certificate for Railway Undertakings**
(passenger and freight railway operators are not allowed to gain access to railway infrastructure without safety certificates and therefore are not able to offer rail transport services)
- ➔ **Safety Authorisations for Railway Infrastructure Managers**
(infrastructure managers are not allowed to make infrastructure available for trains without having authorisation)

Safety Certificates and Safety Authorisations are issued by National Safety Authorities. Under 4-th Railway Package Safety Certificates start to be issued by EU Railway Agency.

project / RST type / device

hazard log example

construction of the close space around railway line in operation



G3	Infrastruktura	Podtorze, Nawierzchnia, Obiekty inżynierne	ogół rozciągany technicznych współczesnych linii i stacje kolejowe zarządzane przez zarządcę infrastruktury	Ryzyko żywiołowe	osuszenia maci ziemi i trzęsienia ziemi	Ryzyko żywiołowe mogą być przyczyną wielu zagrożeń takich jak: wykopnięcia, kolizje, pożary, oderwanie sieci trakcyjnej, katastrof budowlanych na terenie kolejowym, paraliż, zagrożenie w tunelach, zagrożenie przy przewozie towarów niebezpiecznych, uszkodzenia infrastruktury kolejowej przez inną infrastrukturę (rurociągi, linie energetyczne itp.), zagrożenia dla środowiska naturalnego.	Powatżny wypadek związany z ofiarami w uszkodzeniach i stratami materialnymi	- Procedury SMS-PW-06 Zarządzanie kryzysem,	C4 Katastroficzne	F6 Nieprawdopodobne	Pomiarowe					Szkolenie jawnego ryzyka	Zagrożenie infrastruktury / Wpływ na środowisko
G4B	Infrastruktura	Podtorze, Nawierzchnia, Obiekty inżynierne	ogół rozciągany technicznych współczesnych linii i stacje kolejowe zarządzane przez zarządcę infrastruktury	Ryzyko żywiołowe	możliwe wystąpienie podczas realizacji budowy / przyczynić się do powstania wielu zagrożeń (np. upadki narzędzi, elementów konstrukcyjnych na torowisko, przewrócenie dźwigu wywołane silnym wiatrem, zanieczyszczenia miejsca budowy)	Przewrócenie dźwigu, pompy do betonu, upadek płyty szalunkowej, przewrót zaprzęgowy, podłożenie placu budowy, wysokie temperatury w trakcie robót upałów	Zagrożenie życia człowieka, utrata mienia, uszkodzenie tempa prac	Monitorowanie warunków atmosferycznych, realizacja na podstawie informacji o prognozie pogody, powiadomienie się przed pracą w trudnych warunkach atmosferycznych, silny wiatr, nieliniowe opady deszczu, śniegu, nadmierne upały	C3 Krytyczny	F2 Prawdopodobne	Niebezpieczne	W planie BIOC zostaną opracowane odpowiednie procedury przy współudziale służb ratowniczych. Wszystkie osoby na budowie zostaną zapoznane z procedurami, przeszkolenie w zakresie odpowiedniej reakcji stosowanej do występującego zagrożenia. Wykonawstwo ograniczenia prędkości dla obszarów prac budowlanych do 50 km/h	C2 Marginalny	F4 Rzadkie	Tolerowane	Szkolenie jawnego ryzyka	Zagrożenie infrastruktury / Wpływ na środowisko
1) Kategoria budowlana																	
H1	Infrastruktura	Obiekty inżynierne	Budowle, do których zalicza się: mosty, wiadukty, estakady, przepusty, tunele, mury oporowe, kładki dla pieszych. Na analizowanym odczasku występują dwa wiadukty.	Katastrofy budowlane na terenie analizowanego odczasku kolejowego	zawalenie uszkodzenie budowli oraz odnawianie elementów elewacji, tynków itp. Spowodowane wadami konstrukcyjnymi i wykonawczymi		Powatżny wypadek związany z ofiarami w uszkodzeniach i stratami materialnymi	Tekst jednolity do aktu Prawo Budowlane z roku 2013 wraz z aktami wykonawczymi	C4 Katastroficzne	F6 Nieprawdopodobne	Pomiarowe	Each risk is processed independly and can be accepted on the basis of different RAC (risk acceptance criteria), except common cause failures.				Szkolenie jawnego ryzyka	Zagrożenie infrastruktury / Wpływ na środowisko
H2	Infrastruktura	Obiekty inżynierne	Budowle, do których zalicza się: mosty, wiadukty, estakady, przepusty, tunele, mury oporowe, kładki dla pieszych. Na analizowanym odczasku występują dwa wiadukty.	Katastrofy budowlane na terenie analizowanego odczasku kolejowego	zawalenie uszkodzenie budowli oraz odnawianie elementów elewacji, tynków itp. Spowodowane zastosowaniem do budowy nieprawidłowych materiałów		Powatżny wypadek związany z ofiarami w uszkodzeniach i stratami materialnymi	Tekst jednolity do aktu Prawo Budowlane z roku 2013 wraz z aktami wykonawczymi	C4 Katastroficzne	F5 Mało prawdopodobne	Tolerowane		Szkolenie jawnego ryzyka	Zagrożenie infrastruktury / Wpływ na środowisko			
H3	Infrastruktura	Obiekty inżynierne	Budowle, do których zalicza się: mosty, wiadukty, estakady, przepusty, tunele, mury oporowe, kładki dla pieszych. Na analizowanym odczasku występują dwa wiadukty.	Katastrofy budowlane na terenie analizowanego odczasku kolejowego	zawalenie uszkodzenie budowli oraz odnawianie elementów elewacji, tynków itp. Spowodowane eksploatacyjnymi (remonty, konserwacje)		Powatżny wypadek związany z ofiarami w uszkodzeniach i stratami materialnymi	Tekst jednolity do aktu Prawo Budowlane z roku 2013 wraz z aktami wykonawczymi	C4 Katastroficzne	F6 Nieprawdopodobne	Pomiarowe		Szkolenie jawnego ryzyka	Zagrożenie infrastruktury / Wpływ na środowisko			
H4	Infrastruktura	Obiekty inżynierne	Budowle, do których zalicza się: mosty, wiadukty, estakady, przepusty, tunele, mury oporowe, kładki dla pieszych. Na analizowanym odczasku występują dwa wiadukty.	Katastrofy budowlane na terenie analizowanego odczasku kolejowego	zawalenie uszkodzenie budowli oraz odnawianie elementów elewacji, tynków itp. Spowodowane lekkimi żywiołowymi		Powatżny wypadek związany z ofiarami w uszkodzeniach i stratami materialnymi	Tekst jednolity do aktu Prawo Budowlane z roku 2013 wraz z aktami wykonawczymi	C4 Katastroficzne	F6 Nieprawdopodobne	Pomiarowe		Szkolenie jawnego ryzyka	Zagrożenie infrastruktury / Wpływ na środowisko			
H5	Infrastruktura	Obiekty inżynierne	Budowle, do których zalicza się: mosty, wiadukty, estakady, przepusty, tunele, mury oporowe, kładki dla pieszych. Na analizowanym odczasku występują dwa wiadukty.	Katastrofy budowlane na terenie analizowanego odczasku kolejowego	zawalenie uszkodzenie budowli oraz odnawianie elementów elewacji, tynków itp. Spowodowane nieprzebadaniem ograniczeń w eksploatacji (ograniczenia prędkości pociągów, ograniczenia nacisku na oś,		Powatżny wypadek związany z ofiarami w uszkodzeniach i stratami materialnymi	- Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich I-2 (D-2) - Instrukcja o utrzymaniu kolejowych obiektów inżynierskich I-16 (D-3), SKM 0-16 (D-3) - Procedura SMS PPK PUK S.A. - SMS-PW-01 Utrzymanie linii kolejowej w sprawności technicznej i organizacyjnej - Procedura SMS PPK SSM w Trójmieście Sp. z o.o. - PZU.03 Utrzymanie i dostęp do infrastruktury kolejowej	C4 Katastroficzne	F5 Mało prawdopodobne	Tolerowane		Szkolenie jawnego ryzyka	Zagrożenie infrastruktury / Wpływ na środowisko			
H6	Infrastruktura	Obiekty inżynierne	Budowle, do których zalicza się: mosty, wiadukty, estakady, przepusty, tunele, mury oporowe, kładki dla pieszych. Na analizowanym odczasku występują dwa wiadukty.	Katastrofy budowlane na terenie analizowanego odczasku kolejowego	zawalenie uszkodzenie budowli oraz odnawianie elementów elewacji, tynków itp. Spowodowane wykonaniem pospółki		Powatżny wypadek związany z ofiarami w uszkodzeniach i stratami materialnymi	- Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich I-2 (D-2) - Instrukcja o utrzymaniu kolejowych obiektów inżynierskich I-16 (D-3), SKM 0-16 (D-3) - Tekst jednolity do aktu Prawo Budowlane z roku 2013 wraz z aktami wykonawczymi - Procedura SMS PPK PUK S.A. - SMS-PW-01 Utrzymanie linii kolejowej w sprawności technicznej i organizacyjnej - Procedura SMS PPK SSM w Trójmieście Sp. z o.o. - PZU.03 Utrzymanie i dostęp do infrastruktury kolejowej W projekcie architektoniczno budowlanym oddzielono wytrzymałość konstrukcji na potencjalne uderzenie wykołowego pociągu	C4 Katastroficzne	F6 Nieprawdopodobne	Pomiarowe		Szkolenie jawnego ryzyka	Zagrożenie infrastruktury / Wpływ na środowisko			
H7	Infrastruktura	Obiekty inżynierne	Budowle, do których zalicza się: mosty, wiadukty, estakady, przepusty, tunele, mury oporowe, kładki dla pieszych. Na analizowanym odczasku występują dwa wiadukty.	Katastrofy budowlane na terenie analizowanego odczasku kolejowego	zawalenie uszkodzenie budowli oraz odnawianie elementów elewacji, tynków itp. Spowodowane nieprzebadaniem skrajni taboru		Powatżny wypadek związany z ofiarami w uszkodzeniach i stratami materialnymi	- Instrukcja o prowadzeniu ruchu pociągów I-1 (R-1) ważna od 1 grudnia 2014 r., SKM 1-1 (R-1) - Instrukcja o prowadzeniu ruchu pociągów z wykorzystaniem systemu ETCS poziom I i-1a	C4 Katastroficzne	F6 Nieprawdopodobne	Pomiarowe		Szkolenie jawnego ryzyka	Zagrożenie infrastruktury / Wpływ na środowisko			

Hazard log for Gdańsk railway tunnel points 130 hazards which are put in rows.

Log contains 14 types of events one of which is fire and explosions.

→ The green rows are relevant only for construction.

→ The green/yellow/red column is judgement regarding risk acceptance.

risk assessment related / conclusions



- The **risk management** processes have to be applied by both the **railway industry** and **railway duty holders** understood as railway undertakings and railway infrastructure managers. Both types of stakeholders are entitled to apply **qualitative and quantitative approach** to hazards and all three principles for risk acceptance and required to **document decisions in the form of well-defined risk processes products**;
- The documents which are describing how it should be done are already available, and can be utilized for different types of hazards including those associated with fire safety;
- The recently changed **RAMS standards**, especially the EN 50126-1 and EN 50126-2 since the fourth railway package acceptance (see Regulation (UE) 776/2019) **are presently directly linked with TSIs Technical Specifications for Interoperability** and shall be applied for all structural subsystems;
- It is important to apply CSM RA regulation and RAMS standards based approach for fire safety, for hazardous hot events, in all cases for which **code of practice based on EN 45545 and EN 50553 standards are not sufficient**; Therefore **CSM RA Regulation and RAMS standards should be well known to all involved parties**, especially to rolling stock producers, stations and tunnels designers and constructors, rolling stock users and infrastructure managers, as well as certification bodies involved in railway related acceptance processes.

Thank you for your attention!

JRadziszewska-Wolinska@ikolej.pl
MPawlik@ikolej.pl