



Laagwaterbeveiliging en bewaking van stoomketels

Wessel Hendertink (Energie Consult Holland B.V.)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt worden in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch of door fotokopieën, opname, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stoomplatform.

© 2017 Stoomplatform | www.stoomplatform.nl

Inhoud

1.	De historische ontwikkeling van wet- en regelgeving voor stoomketels	6
2.	Bewaking van stoomketels (pre-PED)	10
3.	Bewaking van stoomketels met CE-markering	12
4.	Historische ontwikkeling van instrumentele (laagwater) ketelbeveiligingen	13
5.	Tenslotte	18

Inleiding

(Instrumentele) laagwaterbeveiliging en bewaking van stoomketels

Wessel Hendertink (Energie Consult Holland B.V.)

Bij meer risicovolle technische installaties, zoals stoomketels, dient de veiligheid in beginsel te worden geborgd door een goed (sterktetechnisch) ontwerp. Daarnaast dient de ketel te zijn beveiligd tegen het overschrijden van de ontwerpgrenzen, zoals de maximum druk (direct middels een afblaasveiligheid) en materiaalt temperatuur (indirect middels een minimum peilbeveiliging). Deze beveiligingen zijn bedoeld om de stoomketel en de directe omgeving te beschermen tegen optredende schade en de gevolgen daarvan, als de regelapparatuur het laat afweten.

Sinds het begin van het stoomtijdperk is nagedacht over het beveiligen van dit soort toestellen. In de loop der tijd zijn de ketelbeveiligingen verbeterd, met als doel om de veiligheid van deze installaties op een hoger peil te brengen.



Foto 1: Ingezakte en gescheurde vuurgang als gevolg van een falende laagwaterbeveiliging.

1. De historische ontwikkeling van wet- en regelgeving voor beveiliging van stoomketels

Stoomketels deden massaal hun intrede rond 1800, ten tijde van de industriële revolutie. Met de mechanisatie kwamen ook de ongelukken: stoomketels wilden nogal eens openscheuren of ontploffen. Dit kwam onder andere omdat de toegepaste materialen van onvoldoende kwaliteit waren, de beveiliging onvoldoende bleek en/of de waterkwaliteit te wensen overliet.

Gedurende de gehele negentiende eeuw hebben fabriekseigenaren en de overheid, min of meer geprobeerd het risico van ketelontploffingen te beperken. In 1855 werd in Nederland de “Dienst voor het Stoomwezen” opgericht. Hiermee kwam er van staatswege toezicht op het stoombedrijf. De eerste Stoomwet werd in 1869 van kracht, de tweede in 1896 en de derde in 1953. Dit was een verbetering, maar daarmee waren de risico's nog lang niet op een niveau van wat nu als acceptabel wordt beschouwd. Destijds was men de mening toegedaan, dat al te strenge maatregelen de industriële groei zou beperken. Bovendien golden er heel andere opvattingen over beroepsrisico's dan nu. De snelle ontwikkeling van de procesindustrie na de 2^e wereldoorlog leidde in de loop der jaren tot een forse toename van het gebruik van drukapparatuur. Het belangrijkste drukrisico bij het gebruik van stoomketels (het explosief vrijkomen van grote hoeveelheden geaccumuleerde energie door bezwijken van het druklichaam en verbranding door het vrijkomen van hete stoom) bleek bij procesapparatuur nog een extra dimensie te krijgen. Naast de “klassieke” risico's bleek dat bij procesapparatuur het bezwijken van drukhouders kon leiden tot het vrijkomen van (zeer) gevaarlijke stoffen. De Stoomwet en het Stoombesluit waren echter niet van toepassing op een groot gedeelte van deze apparatuur. Voor deze apparatuur was in die periode zeer versnipperde wet- en regelgeving van toepassing. Om meer eenduidigheid te creëren werd in samen-

spraak met belanghebbenden (overheid, gebruikers en fabrikanten) een technische commissie in het leven geroepen: de Technische Commissie voor Toestellen onder Druk (TCTD). Doel van deze commissie was, om eenduidige regels op te stellen voor alle drukapparatuur, dus ook drukapparatuur waarop de Stoomwet niet van toepassing was. Dit heeft geresulteerd in de Regels voor Toestellen onder Druk (RToD), ook wel “De Regels” genoemd.

De Regels zijn openbaar gemaakte richtlijnen, zoals die sinds 1973 door de toenmalige Dienst voor het Stoomwezen werden gehanteerd. In De Regels werden onder andere: het ontwerp, materiaalgebruik, onderzoek en beproeving als ook de uitrusting (waaronder veiligheidsvoorzieningen) van druktoestellen geregeld.

Per 1 juli 2015 zijn de Regels “bevroren”; dat wil zeggen dat er geen wijzigingen meer worden gepubliceerd.

Dit komt omdat er in de afgelopen jaren ten aanzien van wet- en regelgeving op het gebied van drukapparatuur het één en ander is veranderd.

In 2005 is de Stoomwet en het Stoombesluit in Nederland komen te vervallen.

Al in een eerder stadium is, met het van kracht worden van Nederlands Besluit Drukapparatuur 311 van 5 juli 1999, de Europese Richtlijn 97/23/EG (PED = Pressure Equipment Directive) in Nederland ingevoerd. Dit was een eerste stap naar harmonisering van regelgeving voor toestellen onder druk binnen de Europese Gemeenschap, met als doel om handelsbelemmeringen tussen de Europese lidstaten tegen te gaan en de veiligheid van de Europese burgers te borgen, door minimum veiligheidseisen op hoofdlijnen te stellen. De Richtlijn geldt voor nieuwbouw van stationaire drukapparatuur en samenstellen (>0,5 barg).

De Richtlijn Drukapparatuur 97/23/EG, in Nederland verplicht sinds 29 mei 2002, is op 19 juli 2016 aangepast en gewijzigd in: 2014/68/EU.

De PED 2014/68/EU is in de Nederlandse wetgeving geïmplementeerd in het nationale Warenwetbesluit drukapparatuur (WBDA) 2016. Nadere uitwerking wordt gegeven in de Warenwetregeling Drukapparatuur (WRDA) 2016.

In de PED worden de essentiële veiligheidseisen gegeven waaraan nieuw te bouwen drukapparatuur

moet voldoen. Verdere uitwerking van deze eisen heeft geresulteerd in geharmoniseerde Europese normen.

De aanduiding "geharmoniseerd" betekent dat een drukapparaat dat volgens de geharmoniseerde normen is gebouwd, geacht wordt te voldoen aan de in de PED vastgelegde essentiële veiligheidseisen. Een fabrikant heeft de vrijheid om andere normen toe te passen, maar deze moeten dan wel aantoonbaar geschikt zijn om te voldoen aan de essentiële veiligheidseisen van de PED.

De essentiële veiligheidseisen (Annex I) van de PED stelt ten aanzien van beveiliging van drukapparatuur het volgende:

2.10 Beveiliging tegen overschrijding van de toelaatbare grenzen van de drukapparatuur.

Wanneer de toelaatbare grenzen onder redelijkerwijs te voorziene omstandigheden kunnen worden overschreden, moet de drukapparatuur zijn uitgerust met passende beveiligingsvoorzieningen, dan wel met voorzieningen voor de montage daarvan, tenzij de beveiliging wordt gegarandeerd door andere in het samenstel ingebouwde beveiligingsvoorzieningen.

De passende voorziening of de combinatie van passende voorzieningen moet worden bepaald aan de hand van de bijzonderheden van de drukapparatuur of het samenstel en de bedrijfsomstandigheden.

De beveiligingsvoorzieningen en de combinaties daarvan omvatten:

- a. De veiligheidsappendages als omschreven in artikel 2, punt 4;
- b. Naar gelang van het geval passende controlevoorzieningen, zoals aanwijsinstrumenten en/of alarmeringsapparatuur, waarmee automatisch of met de hand toereikende maatregelen kunnen worden genomen om de drukapparatuur binnen de toelaatbare grenzen te houden.

Artikel 2, punt 4

"Veiligheidsappendages (Safety Accessories)" zijn voorzieningen voor de beveiliging van drukapparatuur tegen overschrijding van de toegestane grenzen. Deze voorzieningen omvatten:

- Voorzieningen voor de rechtstreekse drukbegrenzing, zoals veiligheidskleppen, breekplaatbeveiligingen, knikstaven, gestuurde afblazende drukbeveiligingssystemen en
- Begrenzingsvoorzieningen die corrigerende organen in werking stellen of zorgen voor vergrendeling en blokkering zoals schakelaars die door druk, temperatuur of het niveau van de stof in werking treden en "met de veiligheid samenhangende meet-, controle- en regelvoorzieningen".

2.11.1 De veiligheidsappendages (Safety Accessories) moeten:

- a. Zodanig zijn ontworpen en vervaardigd dat zij betrouwbaar en geschikt zijn voor het beoogde gebruik en waar toepasselijk rekening houden met de eisen inzake onderhoud en beproeving van de voorzieningen;
- b. Onafhankelijk van andere functies zijn tenzij hun veiligheidsfunctie niet door de andere functies beïnvloed kan worden;
- c. Voldoen aan passende ontwerpbeginselen om een geschikte en betrouwbare beveiliging te verkrijgen. Deze beginselen omvatten met name het ruststroombeginsel, redundantie, verscheidenheid en zelfcontrole.

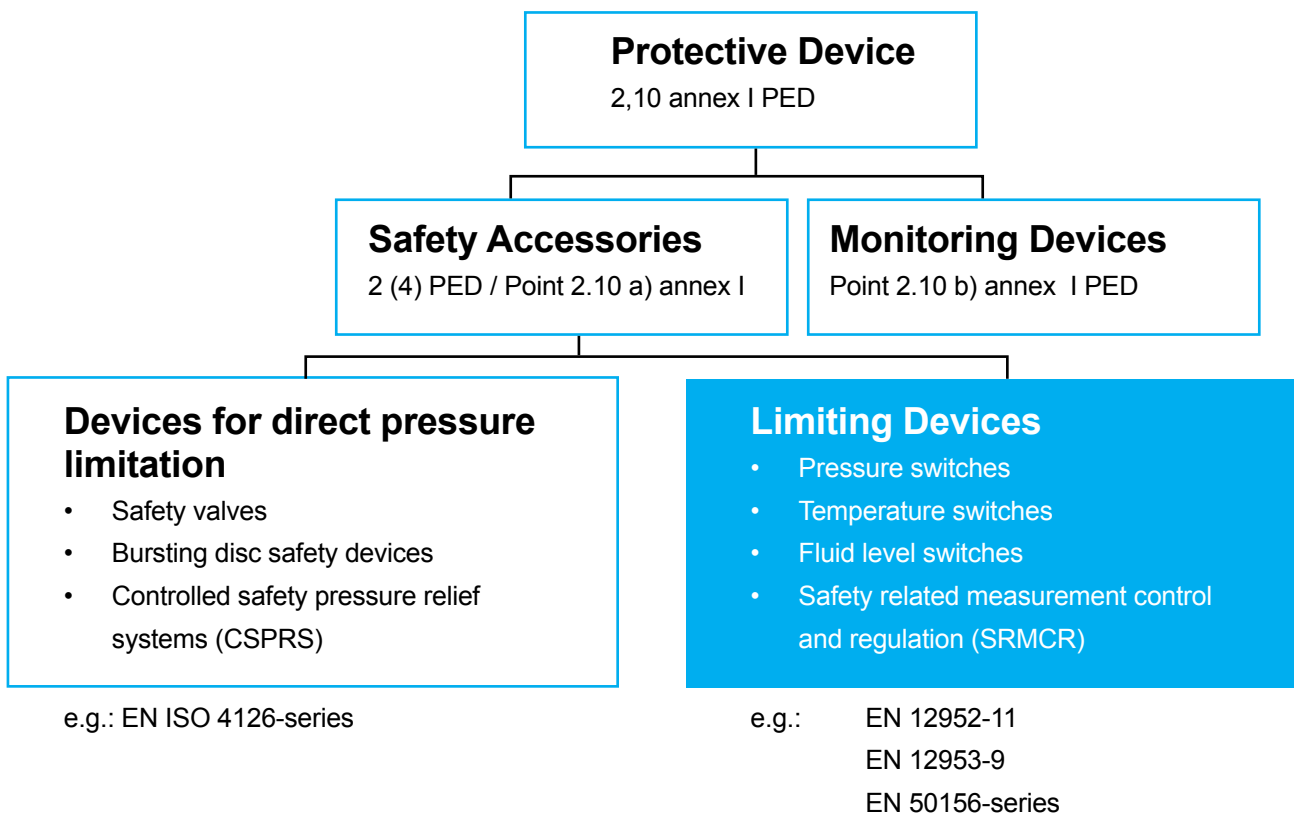
Veiligheidsappendages zijn zo belangrijk dat de PED in Annex II het volgende stelt:

De in artikel 2, punt 4 gedefinieerde en bedoelde veiligheidsappendages worden ingedeeld in categorie IV.

Categorie IV geldt binnen de PED als de hoogste risicocategorie, hetgeen betekent dat deze veiligheidsappendages een overeenstemmingsbeoordeling met goedkeuring op het niveau van categorie IV dienen te ondergaan door een Notified Body (tegenwoordig EU CAB – Conformity Assessment Body), alvorens CE-markering mag worden aangebracht.

In onderstaand flowschema is weergegeven wat in de PED onder veiligheidsappendages (Safety Accessories) wordt verstaan.

Schema 1: Safety Accessoires in the PED



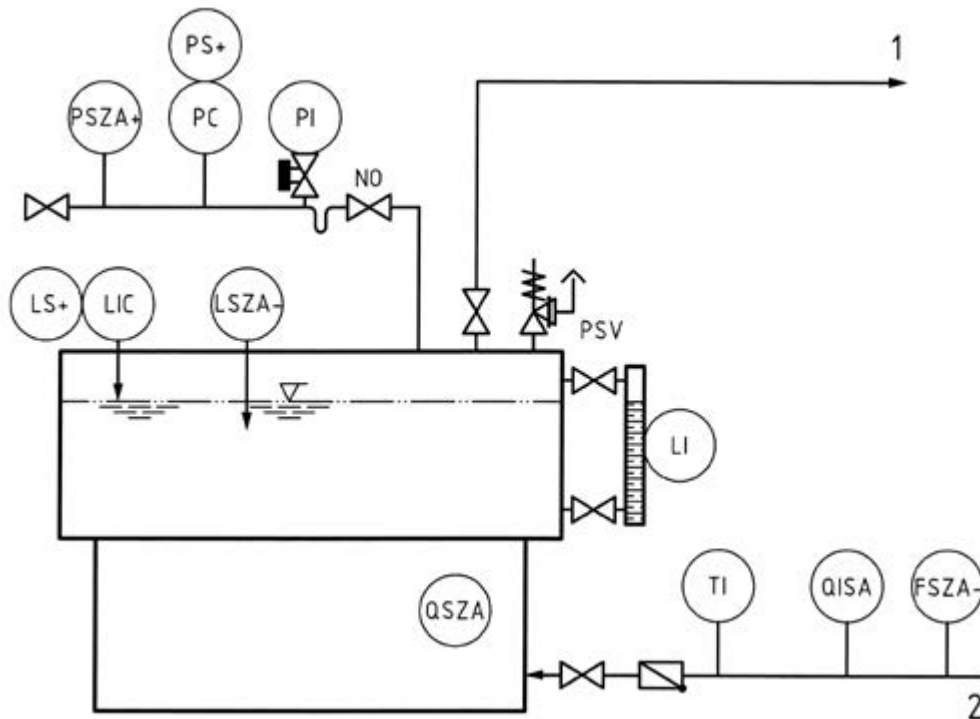
Voor stoomketels die in Nederland na 29 mei 2002 onder de werkingssfeer van de PED zijn gebouwd en van CE-gemarkering zijn voorzien, zijn de voorschriften ten aanzien van ketelbeveiligingen in de ontwerpcode verwoord. Voor stoomketels gelden als ontwerpcode tegenwoordig de volgende geharmoniseerde Europese normen:

- EN 12952 (watertube boilers, ofwel waterpijpketels);
- EN 12953 (shell boilers, ofwel cilindrische vlampijpketels).

In de volgende normdelen staan de eisen beschreven die aan de beveiliging van waterpijpketels worden gesteld:

- EN 12952-7: Requirements for the equipment for the boiler (Eisen voor de keteluitrusting);
- EN 12952-10: Requirements for safeguards against excessive pressure (Eisen voor beveiliging tegen overdruk);
- EN 12952-11: Requirements for limiting devices of the boiler and accessories (Eisen voor instrumentele beveiligingsvoorzieningen voor de ketel en toebehoren).

Schema 2: Safety Accessoires in the PED de uitrusting (inclusief de beveiliging) voor een cilindrische vlampijpstoomketel (zonder economiser en oververhitter) gegeven op basis van de EN 12953-6.



Key		LS+	High level controller in accordance with 5.5.2 (may be integrated function in the level controller).
PSV	Pressure safety valve.	LI	Water level indicator in accordance with 5.1.
NO	Stop valve locked in open position	QSZA	Conductivity device (alarm). If required in accordance with 4.8.1
PSZA+	Maximum pressure limiter (+ alarm) (see 5.6.2). For solid fuels it may be necessary that an additional emergency cooling system be started (see 4.4.1)	QISA	Feed water quality indicator/controller (alarm) (see 4.8.2).
PC	Pressure controller (see 4.4.1).	TI	Temperature indicator
PC+	High pressure controller (integrated function in the pressure controller).	FSZA-	Minimum flow limiter (-alarm). If required depending on the boiler construction (see 5.5.3).
PI	Pressure indicator (with master gauge connection valve) (see 5.2).	1	steam
LSZA-	Minimum water level limiter (-alarm) (see 5.6.1).	2	feedwater
LIC	Water level controller. Water level indicator may be integrated in the level controller (see 5.5.1).		

De eisen die aan de beveiliging van cilindrische ketels (vlampijpketels) worden gesteld, staan beschreven in:

- EN 12953- 6: Requirements for the equipment for the boiler (Eisen voor de keteluitrusting);
- EN 12953-8: Requirements for safeguards against excessive pressure (Eisen voor beveiliging tegen overdruk);
- EN 12953-9: Requirements for limiting devices of the boiler and accessories (Eisen voor instrumentele beveiligingsvoorzieningen voor de ketel en toebehoren).

2. Bewaking van stoomketels (pre-PED)

In het verleden waren stoomketels met volledig toezicht in bedrijf. Door technische ontwikkelingen werden in de loop der tijd mogelijkheden gecreeërd om de bewaking te beperken. Met name de ontwikkeling van instrumentele beveiligingen heeft daaraan bijgedragen.

Ten aanzien van de voorschriften betreffende het toezicht op- en de beveiliging van stoomketels waarvoor in Nederland een vergunning was vereist, bleek dat deze in het verleden niet altijd voldoende duidelijk waren en niet overal eenduidig werden geïnterpreteerd.

In 1982 zijn door de TCTD-commissie (zie voorgaand), op basis van de stand der techniek en voortschrijdende automatisering, nieuwe voorschriften opgesteld.

Dit heeft geresulteerd in het blad O (Operations)-0200 "Bewaking van ketels" dat als separaat hoofdstuk aan de Regels voor Toestellen onder Druk (RToD) werd toegevoegd.

Het blad O-0200 maakt in de basis onderscheid tussen drie verschillende bewakingsvormen (mate van toezicht op de ketelinstallatie).

In Nederland zijn nog veel stoomketels operationeel die onder de Stoomwet zijn gebouwd, op basis van de voornoemde Regels voor Toestellen onder Druk (RToD). Voor deze ketels is in het verleden door de toenmalige "Dienst voor het Stoomwezen" vergunning verleend op basis van één van de in de tabel genoemde bewakingsvormen.

Tabel 1: In onderstaande tabel zijn de bewakingscategorieën volgens O-0200 gedefinieerd.

Bewakingscategorie	Definitie
Volledige bewaking	In de nabijheid van de ketel of in een regelkamer op het bedrijfsterrein, is - zo lang de ketel in bedrijf is - steeds een ter zake kundige persoon (bediener) aanwezig die voortdurend tenminste de druk en het vloeistofpeil (of de massastroom) kan waarnemen en die kan ingrijpen. Volledige bewaking is dus ook mogelijk vanuit een nabij de ketel (d.i. binnen de grens van het bedrijfsterrein) gelegen regelkamer.
Beperkte bewaking	Op het bedrijfsterrein is, zo lang de ketel in bedrijf is, een terzake geïnstrueerde persoon (bewaker) aanwezig die eventuele alarmsignalen kan waarnemen en die zo nodig kan ingrijpen.
Onbewaakt bedrijf	De ketel is in bedrijf zonder volledige- of beperkte bewaking, maar een aantal beveiligingen wordt periodiek gecontroleerd (automatisch of door een controleur).

Het inbedrijf stellen van een ketel, nadat daaraan werkzaamheden zijn verricht, moet in alle gevallen gebeuren met volledige bewaking.

Hierbij gold dat, naarmate er minder toezicht was op de installatie, er hogere eisen werden gesteld aan de uitvoering van de ketelbeveiligingen alsook aan de periodieke controle op het goed functioneren daarvan.

Voor bestaande stoomketels die vóór 29 mei 2002 onder de Stoomwet zijn gebouwd (pre-PED) staan de eisen die aan ketelbeveiligingen worden gesteld in de Regels voor Toestellen onder druk in het eerder genoemde blad O-0200. Daarin staan ook verwijzingen naar de A-(Appurtenances = toebehoren) bladen, waarin de eisen ten aanzien van de uitvoering van beveiligingen staan beschreven, te weten:

- [A-1301: Afblazende drukbeveiliging](#);
- [A-1303: Niet afblazende drukbeveiliging \(= maximaalpressostaat\)](#);
- [A-3301: Peilbeveiliging van ketels](#).

In geval van voortdurend onbewaakt bedrijf dienen overeenkomstig O-0200 een aantal instrumentele beveiligingen door de bediener periodiek te worden gecontroleerd.

Blad O-0200 stelt ten aanzien van de periodieke controle van deze beveiligingen het volgende:

De werking van de peilbeveiliging wordt periodiek gecontroleerd op één van de volgende wijzen:

- [door verlagen van het peil in de ketel](#);
- [door verlagen van het peil in een afsluitbaar meetvat](#);
- [door bewegen van de opnemer ten opzichte van het peil](#).

De controle kan worden uitgevoerd:

- [door een controleur, met een controleperiode ≤ 25 uur](#);
- [automatisch, met een controleperiode ≤ 12,5 uur](#).

De werking van een enkelvoudige vlambeveiliging wordt periodiek gecontroleerd.

In aanvulling op deze controles voert de controleur met tussenpozen van ten hoogste 7 dagen een controle uit waarbij een beveiliging in werking treedt en de branders worden gedoofd. Tijdstip en verloop van deze controles moeten worden vastgelegd. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van schrijverstroken of logboek aantekeningen.

In de dagelijkse praktijk betekent dit het beurtelings periodiek controleren van de volgende instrumentele (primaire) ketelbeveiligingen in een 3-wekelijkse cyclus:

- [laagwaterbeveiliging](#);
- [maximaalpressostaat](#);
- [vlambeveiliging](#).

3. Bewaking van stoomketels met CE-markering

Er zijn in Nederland sinds de invoering van de PED in 2002, ook al veel stoomketels in gebruik die op basis deze Richtlijn zijn gebouwd (CE-gemarkeerd). Deze zullen in aantal toenemen, zowel door uitbreiding van stoomcapaciteit, als ook door vervanging van bestaande (pre-PED) ketels die technisch zijn afgeschreven (einde levensduur).

Een fabrikant die nieuwe drukapparatuur vervaardigd onder de werkingssfeer van de PED (waartoe uiteraard ook stoomketels behoren) brengt CE-markering aan en is verplicht om een verklaring van overeenstemming (Declaration Of Conformity – DOC -) af te geven. Dit is een document waarin de fabrikant verklaart dat het product aan de essentiële veiligheidseisen van de PED voldoet. Door geharmoniseerde normen te volgen heeft de fabrikant het vermoeden van overeenstemming, dat het betreffende drukapparaat aan de essentiële veiligheidseisen van de PED voldoet.

De PED 2014/68/EU hanteert voor fabrikant de volgende definitie: “een natuurlijke of rechtspersoon die een drukapparaat of samenstel vervaardigt of laat ontwerpen of vervaardigen, en dat drukapparaat of samenstel onder zijn naam of merk verhandelt of het gebruikt voor eigen doeleinden”.

Daarnaast is de fabrikant ook verplicht om een gebruikershandleiding (instructies voor gebruik) mee te leveren met zijn drukapparaat. In deze gebruikershandleiding dient onder meer te worden vermeld onder welke voorwaarden/omstandigheden het drukapparaat (in dit geval de stoomketel) mag worden bedreven. Ook dienen eventuele restrisico's, die voortvloeien uit de door de fabrikant verplicht uit te voeren risico- en gevarenanalyse, in de gebruikershandleiding te worden beschreven.

In de eerder genoemde normbladen is aangegeven welke informatie ten minste in een gebruikershandleiding van stoomketels dient te staan (zie normdelen EN 12952-18 en EN 12953-13).

Wanneer de EN 12953-13 “operating instructions” (instructies voor gebruik voor cilindrische vlampijpketels) als voorbeeld wordt genomen, dan betreft dit de volgende aandachtspunten:

- ontwerpspecificaties van de ketel zoals genoemd in bijlage A van EN 12953-1;
- specificatie van veiligheidsappendages;
- benodigheden voor de warmtevoorziening (verbrandingsinrichting);
- de markering;
- technische documentatie en tekeningen die nodig zijn voor het begrijpen van de instructies;
- benodigheden voor behandeling, opslag en transport;
- instructies voor installatie en samenbouw;
- eerste inbedrijfstelling;
- opstook- en afstook procedures; zowel onder normale omstandigheden als in een noodsituatie;
- benodigheden onder voorziene bedrijfsomstandigheden;
- schema voor onderhoud en inspectie;
- informatie hoe om te gaan met bekende of te verwachten storingen;
- benodigheden voor toezicht tijdens ketelbedrijf door de bediener (frequentie, methode en het periodiek testen van beveiligingsvoorzieningen);
- restrisico's die voortvloeien uit de risico- en gevarenanalyse (zoals o.a. te voorzien gevaar in geval van verkeerd gebruik).

De EN 15953-6 bijlage C stelt dat voor onbemand bedrijf gedurende 72 uur, dat tenminste 1x per maand de laagwaterbeveiliging en de maximaalpressostaat dienen te worden gecontroleerd op functionaliteit.

De EN 12952-18 “operating instructions” (instructies voor gebruik voor waterpijpketels) is meer uitgebreid beschreven, met aanvullende zaken die specifiek voor waterpijpketels van toepassing zijn.

Onbewaakt bedrijf voor stoomketels was in het verleden in de ons omringende Europese lidstaten minder gebruikelijk dan in Nederland. Er zijn destijds wel voorschriften in Duitsland opgesteld om invulling te kunnen geven aan 24 uur onbemand bedrijf en zelfs 72 uur onbemand bedrijf om weekeinden te kunnen overbruggen (TRD 604 – Technische Regeln für Dampfkessel – Betrieb von Dampfkesselanlagen mit Dampferzeugern der Gruppe IV ohne ständige Beaufsichtigung -). Deze voorschriften zijn deels overgenomen in de genoemde geharmoniseerde Europese normen.

Uiteindelijk wordt de mate van toezicht op CE-gemarkeerde stoomketels dus mede bepaald door de gevolgde ontwerpcodes. Paragraaf 7 en Annex B van de EN 12952-7 (voor waterpijpketels) en paragraaf 7 en Annex C van EN 12953-6 (voor cilindrische vlampijpketels) geeft informatie over de bedrijfsvoering, onderhoud en testen voor 24 uren bedrijf zonder toezicht. De genoemde bijlagen van de normdelen geven aanbevelingen voor de bedrijfsvoering en het periodiek testen van de installatie in het geval een onbemand bedrijf gedurende 72 uur wordt verlangd.

4. Historische ontwikkeling van instrumentele (laagwater) ketelbeveiligingen

Instrumentele ketelbeveiligingen (met name de laagwaterbeveiliging) zijn dermate belangrijk, dat hier meer uitgebreid op wordt ingegaan en wel om de volgende redenen.

Mechanische afblaasveiligheden op stoomketels dienen bij elke wettelijk verplichte periodieke herkeuring in de gebruiksfase te worden gereviseerd door een erkend (gecertificeerd) revisiebedrijf, met afgifte van een geldige meetbrief. Hiermee wordt de goede werking van de afblaasveiligheid gedurende het keuringsinterval van 2 jaar verzekerd.

Bij instrumentele ketelbeveiligingen is de situatie anders. Voor het periodiek controleren van deze beveiligingen in de gebruiksfase is de gebruiker zelf verantwoordelijk (zie RTOD O-0200 of EN 12952-7 of EN 12953-6 zoals eerder genoemd).

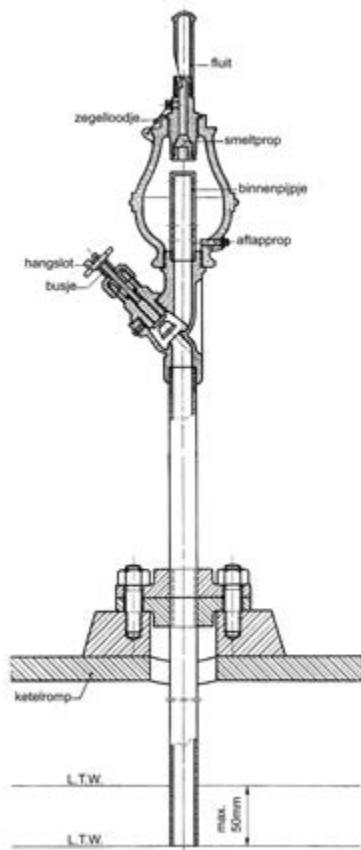
Aan de hand van registratie (bijvoorbeeld door het maken van logboekantekeningen) dient door de gebruiker het één en ander aantoonbaar te worden gemaakt. Dit is met name van belang in het geval er zich calamiteiten met de installatie voordoen. De Arbeidsinspectie en de

verzekeraar zijn onder andere de partijen die daar waarde aan hechten bij het vaststellen van de schuldvraag. Het periodiek testen van de primaire beveiligingen is mede een controlepunt bij de periodieke herkeuring in de gebruiksfase van de stoomketel door een NL-CBI, ofwel Conformiteits Beoordelings-Instantie (voorheen AKI = Aangewezen KeuringsInstelling).

De beveiliging van stoomketels was in de beginperiode met volledig toezicht summier. Als laagwaterbeveiliging werd boven in de vuurgang (op het hoogste punt van het verwarmd oppervlak) een tapse "loden prop" aangebracht. De smelttemperatuur van lood was lager dan die van het omringende staal, waardoor deze prop smolt op het moment dat het waterpeil daaronder was gedaald. De ketel werd leeg geblazen naar de rookgaszijde en doofde daarmee automatisch het vuur op het rooster, dat bestond uit vaste brandstof (kolen). Daarnaast werd als drukbeveiliging, de tot op heden nog steeds gebruikte mechanische afblaasveiligheid toegepast om het druklichaam te beveiligen tegen een ontoelaatbare optredende drukverhoging. In een later stadium werd voor de signalering van watergebrek de zogenaamde Black-fluit toegepast.

Het toestel bestond uit een metalen ballon, met lucht gevuld en door een afsluiter verbonden aan een pijp die reikte tot 50 mm boven de vuurlijn. Boven op de ballon was een stoomfluit gemonteerd, die werd afgesloten door een prop van gemakkelijk smeltpaar metaal (lood). In normale toestand perste de stoomdruk ketelwater in de pijp, zodat de lucht in de ballon werd samenge-drukt en de hete stoom niet bij de prop kon komen. Werde de waterstand te laag, dan vloeide het water uit de pijp, waardoor de stoom in de ballon kon treden, de prop smolt en de fluit ging blazen. Hierdoor werd de ketelmachinist gealarmeerd en kon deze, of een poging wagen om alsnog op tijd voldoende water in de ketel te brengen, of het vuur doven.

Figuur 1: Black fluit

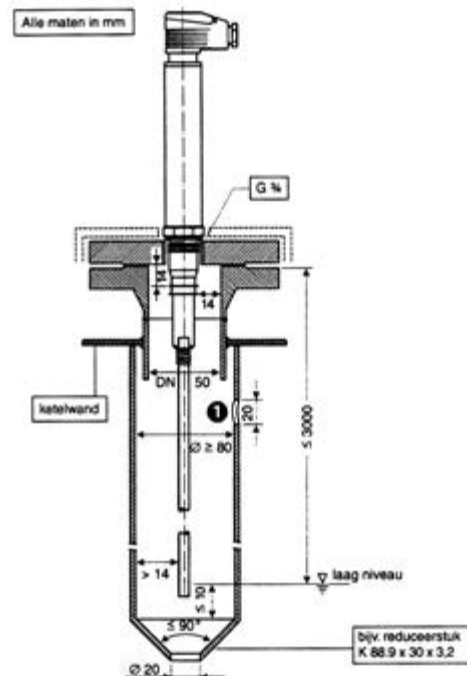


Ter verbetering is nadien een Black-fluit ontwikkeld, die tevens was voorzien van een laagwaterthermostaat. Mocht de Black-fluit om één of andere reden weigeren, dan trad in ieder geval de thermostaat in werking. De dompelbuis van de thermostaat stond bij normale waterstand in het ketelwater. De Black-fluit en een gedeelte van de dompelbuis werden door een luchtkussen gekoeld. De temperatuurgevoeligheid van de thermostaat was

veel groter dan die van de smeltprop. Bij een te lage waterstand, ca. 2 minuten eerder dan de Black-fluit in werking trad, werd de brandstoftoevoer naar de brander (oliestook) door een elektrische schakeling, stopgezet.

Daarnaast werd eveneens de algemeen bekende vlotter-laagwaterbeveiliging ("Mobrey") toegepast. Ervaringen met installaties met beperkt toezicht leerden echter dat de tot dan toe toegepaste laagwaterbeveiligingen niet altijd even betrouwbaar waren. In 1977 werd door de toenmalige Dienst voor het Stoomwezen de thermostaat als laagwaterbeveiliging niet meer toegestaan. Als alternatief werd de elektrodelaagwaterbeveiliging geïntroduceerd. Dit is tot op heden een beproefd concept, dat al jaren succesvol zijn toepassing vindt, voornamelijk bij "lage druk" cilindrische vlampijpketels. De beveiliging wordt voor onbewaakt bedrijf dubbel-, onafhankelijk van elkaar werkend- (redundant) uitgevoerd; is zelfcontrolerend en van het meerpolig- of meervoudig kortsluitbeveiligde type.

Figuur 2: Laagwaterelektrode in beschermhuis



De elektrodebeveiliging berust op het principe dat het ketelwater, met de daarin opgeloste mineralen en chemicaliën, in meer of mindere mate geleidend is. Eén of meer geïsoleerd doorgevoerde elektroden steken, omgeven door een beschermhuis, in de vloeistof van

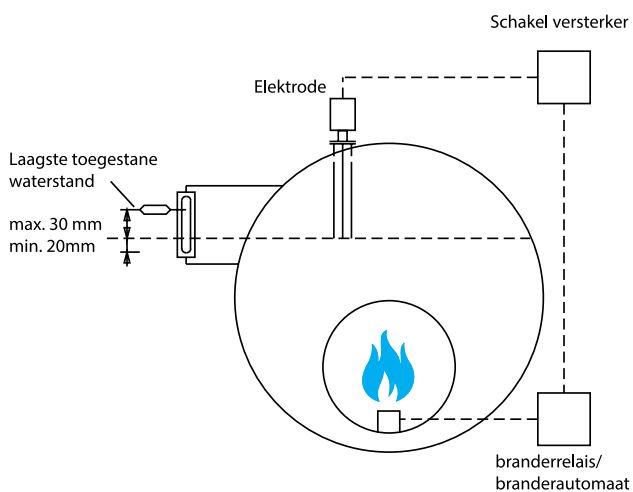
de ketel, waardoor een elektrisch circuit ontstaat. Zodra het waterpeil te laag wordt, komt de elektrode “droog” te staan en wordt het elektrische circuit onderbroken.

Om er zeker van te zijn, dat de werking van de elektrode niet verstoord wordt door lekstromen langs of door de isolatie, zijn er verschillende methoden bedacht om dit te controleren. Op grond van de bijzondere constructie van dit elektrode-meetsysteem worden de volgende bronnen van fouten uitgesloten:

- fouten in de elektronica;
- storingen in de elektronica;
- draadbreek of kortsluiting in de aansluitkabel;
- schade aan de elektrode doorvoerisolatie.

Belangrijk aandachtspunt tijdens de installatie is, om zowel het circuit als ook het ketellichaam op een elektrisch “schone” aarde aan te sluiten, om hiermee het goed en betrouwbaar functioneren van de beveiliging zeker te stellen.

Figuur 3: Schakelniveau laagwaterelektrode bij onbewaakt bedrijf O-0200



Er worden, met name bij “hogedruk” waterpijpketels, in verband met de hoge druk/temperatuur en de extreem lage geleidbaarheid van het ketelwater, ook andere uitvoeringsvormen van laagwaterbeveiligingen toegepast. Voorbeelden hiervan zijn die, gebaseerd op:

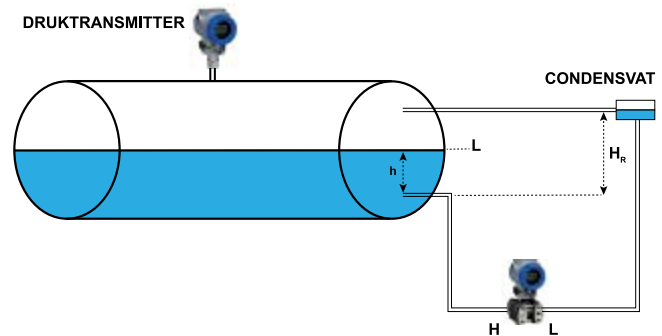
- drukverschilmeting;
- geleide golf radarmeting (guided wave radar).

Zowel de lage diëlektrische waarde van het ketelwater, als de hoge druk en temperatuur zijn niet van invloed op deze meetprincipes.

Drukverschilmeting

Het principe is gebaseerd op het meten van hydrostatische verschildruk (zie figuur).

Figuur 4: Drukverschilmeting



Indien zich boven het vloeistofniveau stoom bevindt, zal de lagedruk impulsleiding (L) vol condenseren met water. Dit kan ook door boven in de lagedruk impulsleiding een condensvatje te plaatsen. Voor het starten van de meting dient de lagedruk impulsleiding (L) te worden gevuld met water. De gevulde impulsleiding beschermt de transmitter tegen de hoge temperatuur van de stoom. Door stijging van de temperatuur zal het water uitzetten en in hoogte toenemen. De soortelijke massa neemt dan echter af. Hiervoor dient de transmitter te worden gecorrigeerd. De hoogte gemeten door de drukverschil(niveau)transmitter, vermenigvuldigd met de berekende soortelijke massa geeft dan de werkelijk gemeten vloeistof(hoogte)druk.

Geleide golf radarmeting (guided wave radar)

Een nieuwe ontwikkeling bij waterpijpketels is radarmeting, dat al enige tijd zijn toepassing vindt in hoogtemeting in vaten en opslag tanks. Zo kan ook bij een stoomketel de transmitter op een separaat meetvat (meetkamer) worden aangebracht, die naast de stoom/waterhouder is geplaatst en zowel boven- als onder de vloeistofspiegel in open verbinding hiermee is verbonden. Er worden door de radar korte pulsen uitgezonden die worden teruggekaatst door de vloeistof die in het vat aanwezig is. De tijd tussen het verzenden en het terugontvangen van de puls is de looptijd. Deze tijd is bepalend voor de hoogte van de, in het vat, aanwezige vloeistof. Immers, des te minder vloeistof er aanwezig is

in het vat, des te langer de weg die de radarpulsen (heen en weer) moeten afleggen, ofwel de tijd die verstrijkt tussen het uitzenden van de puls en het ontvangen van de echo. Bij radar wordt gebruikgemaakt van elektromagnetische golven. Elektromagnetische golven hebben geen medium nodig om zich voort te planten in tegenstelling tot geluid (ultrasoon).

De guided wave (geleide golf radar) gebruikt meestal 5,8 GHz elektromagnetische golven die door een golfgeleider (antenne) worden gestuurd. Wanneer een puls het vloeistofoppervlak bereikt, zal deze worden gereflecteerd. Op basis van het gemeten tijdsverschil wordt nauwkeurig de vloeistofhoogte bepaald.

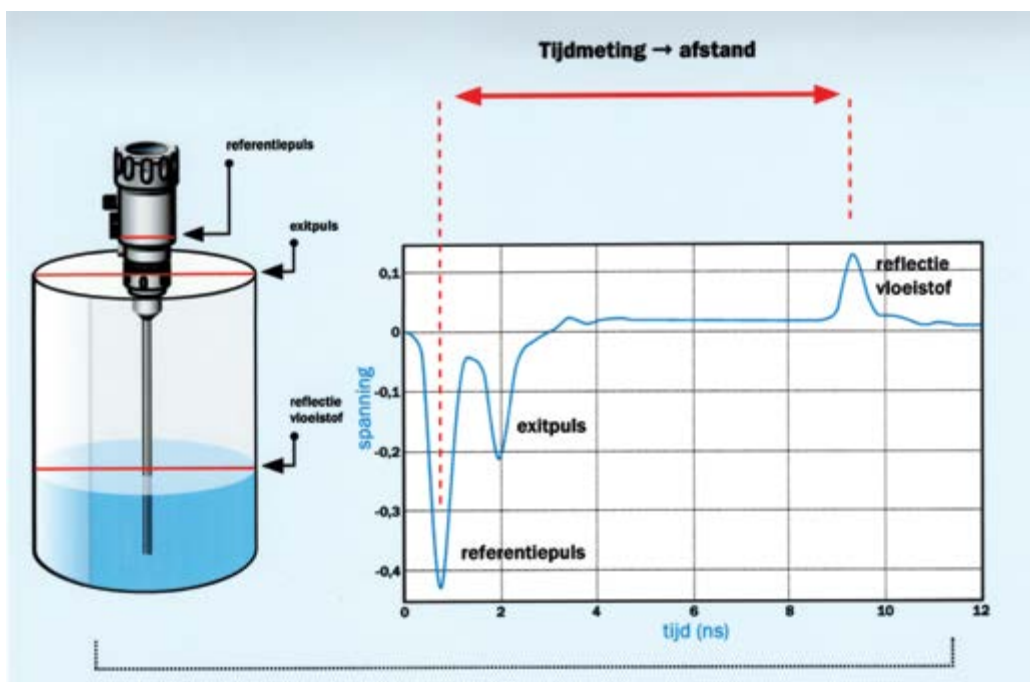
De hiervoor besproken transmitters (drukverschil- en geleide golf radar) zijn voorzien van een HART (Highway Addressable Remote Transducer)-protocoloptie. Met dit HART-protocol kan de transmitter worden geconfigureerd en kan informatie uit de transmitter worden aangeboden aan het automatiseringssysteem. Het configureren van de transmitter kan lokaal gebeuren met een zogenaamde hand-held configurator of via het automatiseringssysteem zelf.

Door speciale voorzieningen te treffen in de elektronica van de transmitter, kan deze fail safe eigenschappen krijgen zoals beschreven in IEC 61508 (Functional Safety of Electrical / Electronic / Programmable Electronic Safety-Related Systems) & IEC 61511 (Functional Safety – Safety Instrumented systems for the process industry sector). Zodoende krijgt de transmitter een SIL (Safety Integrity Level)-classificatie.

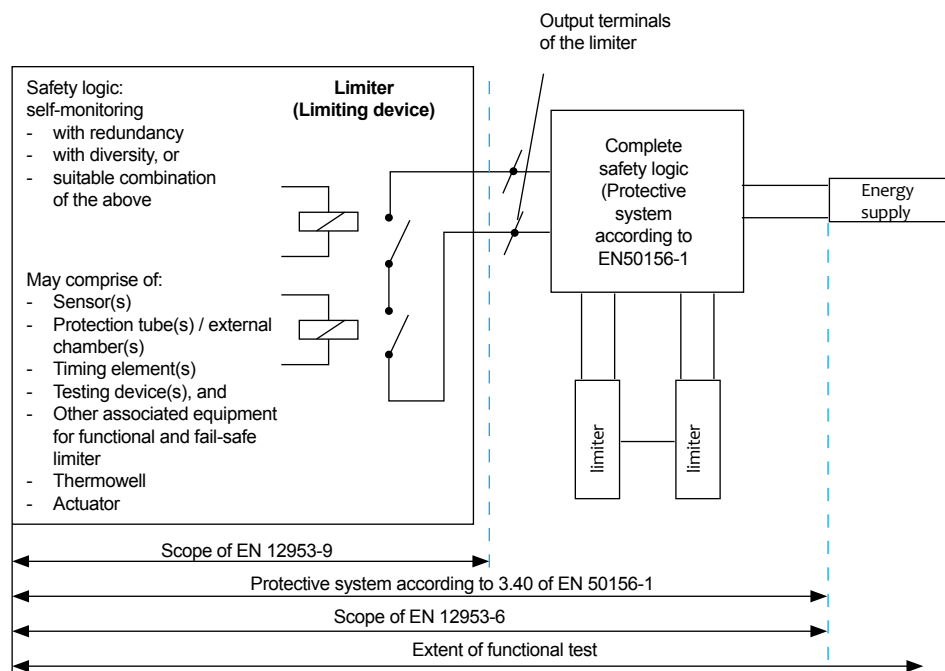
De uitvoering als beveiliging berust vanuit de SIL-filosofie op het 2 uit 3 principe (2oo3 = 2 out of 3), ofwel redundatie. Kort gezegd komt het er op neer dat de installatie wordt uitgeschakeld als 2 van de 3 sensoren een foutmelding geven. Indien één van de drie sensoren een foutmelding geeft, of een te grote afwijking vertoont resulteert dit aanvankelijk in een alarmering en uiteindelijk alsnog in het uitschakelen van de installatie, als niet binnen een bepaalde tijd op de storingsmelding wordt gereageerd.

Instrumentele beveiligingen (limiting devices) bestaan niet alleen uit een sensor (opnemer/transmitter), maar ook uit: safety logics (bijvoorbeeld een veiligheids-PLC) en een actuating element (bedienend orgaan; bijvoorbeeld een gestuurde klep), die in geval van een stoomketel de energietoevoer stopt als een gemeten kritische waarde wordt overschreden.

Figuur 5: Geleide golf radarmeting



Schema 3: Limiter (Limiting device)



Zie bovenstaand schema op basis van de EN 12953-6 (analoog geldt voor waterpijpketels de EN 12952-7). De in dit schema vermelde Europese norm EN 50156 (Electrical equipment for furnaces) stelt eisen- en doet aanbevelingen voor het toepassingsontwerp en de installatie van elektrische uitrusting, waarbij de noodzakelijke SIL (Safety Integrity Level)-beoordeling is gebaseerd op de EN 61508-1. Bij de SIL-beoordeling dient niet alleen de sensor (opnemer) te worden beschouwd, maar de gehele beveiligingskring (van opnemer; veiligheids (fail-safe) PLC tot en met de aangestuurde actuator die de energietoevoer stopt).

Instrumentele beveiligingen moeten voldoen aan de volgende Europese richtlijnen:

- de EMC-richtlijn (Elektro Magnetic Compatibility) met betrekking tot emissie en immuniteit voor radiostraling;
- de LVD-richtlijn voor Elektrische veiligheid (Low Voltage Directive);
- de PED-richtlijn (Pressure Equipment Directive), die de drukbestendigheid van de opnemer (transmitter) aangeeft.

In geval van explosieveiligheid moet ook aan de ATEX-richtlijn worden voldaan.

Waar bij de elektrodebeveiliging de lengte van de elektrodestaaf het schakelpunt bepaald en daarmee dus “hard” vastligt, is dit bij de drukverschilmeting en radar-meting niet het geval. De meetopnemers meten analoog en de kritische schakelpunten, waarbij de installatie veilig uit bedrijf dient te gaan, zijn softwarematig “vrij” in te stellen. Het moge duidelijk zijn dat aan de afscherming van dit soort instellingen de nodige aandacht moet worden besteed om onbedoelde wijziging, hetgeen tot een onveilige situatie zou kunnen leiden, te voorkomen.

De configuratie moet worden beoordeeld door een Notified Body (EU-CAB = Conformity Assessment Body). Een verklaring van overeenstemming dient door de fabrikant te worden meegeleverd, waarin wordt aangegeven aan welke Europese richtlijnen wordt voldaan, evenals een gebruikershandleiding (“instructies voor gebruik”).

5. Tenslotte

Het periodiek “live” testen van een laagwaterelektrodebeveiligingssysteem is in eigen beheer redelijk eenvoudig uit te voeren, als de bedrijfsomstandigheden dit toelaten. Het periodiek testen van de andere genoemde instrumentele laagwaterbeveiligings-systemen (met name bedoeld voor hogedruk waterpijpketels) is meer complex. Op welke wijze en met welk interval hier invulling aan moet worden gegeven, dient in de gebruikershandleiding van de fabrikant te zijn vermeld.

Afbeeldingen

Foto 1:	Ingezakte en gescheurde vuurgang als gevolg van een falende laagwaterbeveiliging.
Schema 1:	Safety Accessoires in the PED
Schema 2:	Safety Accessoires in the PED de uitrusting (inclusief de beveiliging) voor een cilindrische vlampijpstoomketel (zonder economiser en oververhitter) gegeven op basis van de EN 12953-6.
Schema 3:	Limitier (Limiting device)
Tabel 1:	In onderstaande tabel zijn de bewakingscategorieën volgens O-0200 gedefinieerd.
Figuur 1:	Black fluit
Figuur 2:	Laagwaterelektrode in beschermhuis
Figuur 3:	Schakelniveau laagwaterelektrode bij onbewaakt bedrijf O-0200
Figuur 4:	Drukverschilmeting
Figuur 5:	Geleide golf radarmeting

