

BIJLAGE V

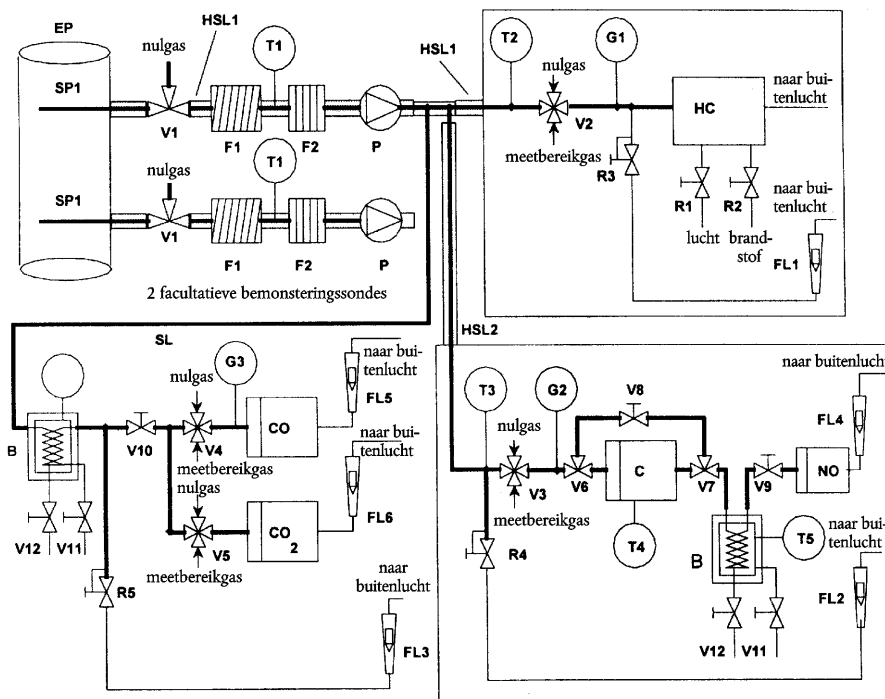
ANALYSE- EN BEMONSTERINGSSYSTEMEN

1. BEPALING VAN DE GASVORMIGE EMISSIES

1.1. Inleiding

In punt 1.2 en de figuren 7 en 8 staan uitvoerige beschrijvingen van de aanbevolen bemonsterings- en analysesystemen. Aangezien verschillende configuraties gelijkwaardige resultaten kunnen opleveren, hoeven de figuren 7 en 8 niet exact te worden gevolgd. Aanvullende onderdelen, zoals instrumenten, kleppen, elektromagneten, pompen en schakelaars mogen worden gebruikt om extra gegevens te verschaffen en de functies van deelsystemen te coördineren. Andere onderdelen, voorzover niet noodzakelijk om de nauwkeurigheid van bepaalde systemen te waarborgen, mogen worden weggelaten, indien dit technisch verantwoord is.

Figuur 7

Stroomdiagram van een systeem voor de analyse van CO, CO₂, NO_x en HC in het ruwe uitlaatgas

1.2. Beschrijving van het analysesysteem

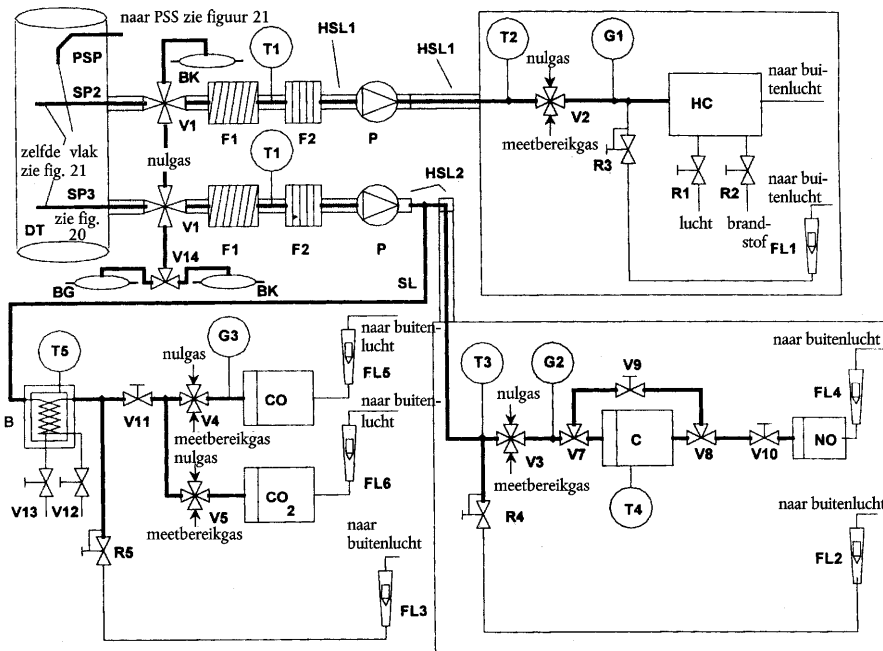
Er wordt een analysesysteem voor de vaststelling van de gasvormige emissies in het ruwe (figuur 7, enkel ESC) of verdunde (figuur 8, ETC en ESC) uitlaatgas beschreven, dat gebaseerd is op het gebruik van een:

- HFID-analysator voor de meting van koolwaterstoffen;
- NDIR-analysatoren voor de meting van koolmonoxide en kooldioxide;
- HCLD- of equivalente analysator voor de meting van stikstofoxiden.

Het monster van alle componenten mag worden genomen met één bemonsteringssonde of met twee bemonsteringssondes die dicht bij elkaar zijn geplaatst en inwendig zijn gesplitst voor de verschillende analyseapparaten. Er moet op worden toegezien dat er nergens in het analysesysteem condensatie van uitlaatgasbestanddelen (inclusief water en zwavelzuur) optreedt.

Figuur 8

Stroomdiagram van een systeem voor de analyse van CO, CO₂, NO_x en HC in het verdunde uitlaatgas ETC — facultatief voor ESC



1.2.1. Onderdelen van de figuren 7 en 8

EP Uitlaatpijp

SP1 Sonde voor de uitlaatgasbemonstering (alleen figuur 7)

Er wordt een roestvast stalen rechte sonde met een gesloten uiteinde, voorzien van een aantal gaatjes, aanbevolen. De binnendiameter mag niet groter zijn dan de binnendiameter van de bemonsteringsleiding. De wanddikte van de sonde mag niet meer bedragen dan 1 mm. De sonde moet voorzien zijn van minimaal drie gaatjes in drie verschillende radiale vlakken die een zodanige afmeting hebben dat de bemonsteringsstromen ongeveer gelijk zijn. De sonde moet op een diepte van minstens 80 % van de uitlaatpijpdiameter worden geplaatst. Er mag gebruikt worden gemaakt van één of twee bemonsteringssondes.

SP2 Sonde voor de bemonstering van HC in het verdunde uitlaatgas (alleen figuur 8)

De sonde moet:

- worden gedefinieerd als de eerste 254 mm tot 762 mm van de verwarmde bemonsteringsleiding HSL1;
- een minimumbinnendiameter van 5 mm hebben;
- worden aangebracht in de verdunningstunnel DT (zie punt 2.3, figuur 20) op een plaats waar de verdunningslucht en het uitlaatgas goed vermengd zijn (d.w.z. circa 10 tunneldiameters voorbij het punt waar het uitlaatgas de verdunningstunnel binnentreedt);
- zich op voldoende afstand bevinden (radiaal) van andere sondes en de tunnelwand zodat de sonde niet wordt beïnvloed door een zog of wervelingen;
- verwarmd worden om de gasstroomtemperatuur te verhogen tot 463 K ± 10 K (190 °C ± 10 °C) bij de uitgang van de sonde.

SP3 Bemonsteringssonde voor CO, CO₂ en NO_x in het verdunde uitlaatgas (alleen figuur 8)

De sonde moet:

- in hetzelfde vlak liggen als SP2;
- zich op voldoende afstand (radiaal) van andere sondes en de tunnelwand bevinden zodat de sonde niet wordt beïnvloed door een zog of wervelingen;
- verwarmd worden tot een minimumtemperatuur van 328 K (55 °C) om condensatie van waterdamp te voorkomen.

HSL1 Verwarmde bemonsteringsleiding

De bemonsteringsleiding voert de gasmonsters van één sonde naar een of meer verdeelstukken en de HC-analysator.

De bemonsteringsleiding moet:

- een minimumbinnendiameter van 5 mm en een maximumbinnendiameter van 13,5 mm hebben;
- van roestvast staal of PTFE zijn gemaakt;
- een wandtemperatuur hebben van $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$), gemeten op elk afzonderlijk verwarmd deel, indien de temperatuur van het uitlaatgas bij de bemonsteringssonde kleiner of gelijk is aan 463 K (190 °C);
- een wandtemperatuur hebben van meer dan 453 K (180 °C), indien de temperatuur van het uitlaatgas boven 463 K (190 °C) ligt;
- een gastemperatuur van $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) bewerkstelligen, onmiddellijk vóór het verwarmde filter F2 en de HFID.

HSL2 Verwarmde bemonsteringsleiding voor NO_x

De bemonsteringsleiding moet:

- een wandtemperatuur van 328 K tot 473 K (55 °C tot 200 °C) hebben tot aan omzetter C wanneer een koelbad B wordt toegepast en tot aan het analyseapparaat wanneer koelbad B niet wordt gebruikt;
- van roestvast staal of PTFE gemaakt zijn.

SL Bemonsteringsleiding voor CO en CO₂

De leiding moet van PTFE of roestvast staal gemaakt zijn en mag verwarmd worden of onverwarmd zijn.

BK Achtergrondzak (facultatief; alleen figuur 8)

Voor de meting van achtergrondconcentraties.

BG Bemonsteringszak (facultatief; alleen figuur 8 — CO en CO₂)

Voor de meting van de monsterconcentraties.

F1 Verwarmd voorfilter (facultatief)

De temperatuur moet dezelfde zijn als die voor HSL1.

F2 Verwarmd filter

Het filter moet alle vaste deeltjes vóór het analyseapparaat uit het gasmonster verwijderen. De temperatuur moet dezelfde zijn als die voor HSL1. Het filter moet indien nodig worden vervangen.

P Verwarmde bemonsteringspomp

De pomp moet worden verwarmd tot de temperatuur van HSL1.

HC

Verwarmde vlamionisatiedetector (HFID) voor de bepaling van de koolwaterstoffenconcentratie. De temperatuur moet tussen 453 K en 473 K (180 °C en 200 °C) worden gehouden.

CO, CO₂

NDIR-analysatoren voor de bepaling van de koolmonoxide- en kooldioxideconcentratie (facultatief voor de bepaling van de verdunningsverhouding bij de meting van de deeltjesconcentratie).

NO

CLD- of HCLD-analysator voor de bepaling van de stikstofoxidenconcentratie. Indien een HCLD wordt toegepast, moet deze op een temperatuur van 328 K tot 473 K (55 °C tot 200 °C) worden gehouden.

C Omzetter

Een omzetter wordt gebruikt voor de katalytische reductie van NO₂ tot NO vóór de analyse in de CLD of HCLD.

B Koelbad (facultatief)

Om te koelen en waterdamp uit het uitlaatgasmonster te laten condenseren. Het bad moet op een temperatuur tussen 273 K en 277 K (0 °C en 4 °C) worden gehouden met behulp van ijs of een koelsysteem. De inrichting is facultatief indien de analyse niet door waterdamp wordt beïnvloed, zoals bepaald in bijlage III, aanhangsel 5, punten 1.9.1 en 1.9.2. Indien het water door condensatie wordt verwijderd, dient de temperatuur of het dauwpunt van het bemonsteringsgas in de watervanger of stroomafwaarts te worden gemeten. De temperatuur of het dauwpunt van het bemonsteringsgas mag niet hoger zijn dan 280 K (7 °C). Chemische droging is niet toegestaan voor de verwijdering van het water uit de monsters.

T1, T2, T3 Temperatuursensoren

Met deze sensoren wordt de temperatuur van de gasstroom bewaakt.

T4 Temperatuursensor

Om de temperatuur van de NO₂-NO-omzetter te bewaken.

T5 Temperatuursensor

Om de temperatuur van het koelbad te bewaken.

G1, G2, G3 Drukmeters

Om de druk in de bemonsteringsleiding te meten.

R1, R2 Drukregelaars

Om de lucht- respectievelijk brandstofdruk voor de HFID te regelen.

R3, R4, R5 Drukregelaars

Om de druk in de bemonsteringsleidingen en de stroom naar de analyseapparatuur te regelen.

FL1, FL2, FL3 Stroommeters

Om de stroom in de omloopleiding te meten.

FL4 tot en met FL6 Stroommeters (facultatief)

Om de stroom door de analyseapparatuur te meten.

V1 t/m V5 Selectiekleppen

Geschikte kleppen om naar keuze het bemonsteringsgas, meetbereikgas of lucht naar het analyseapparaat te leiden.

V6, V7 Elektromagnetische kleppen

Om de NO₂-NO-omzetter te overbruggen.

V8 Naaldklep

Om de stroom door de NO₂-NO-omzetter en de omloopleiding uit te balanceren.

V9, V10 Naaldkleppen

Om de stroom naar de analysatoren te regelen.

V11, V12 Open-dichtklep (facultatief)

Om het condensaat uit het bad B af te tappen.

1.3. NMHC-analyse (alleen motoren op aardgas)**1.3.1. Gaschromatografische methode (GC, figuur 9)**

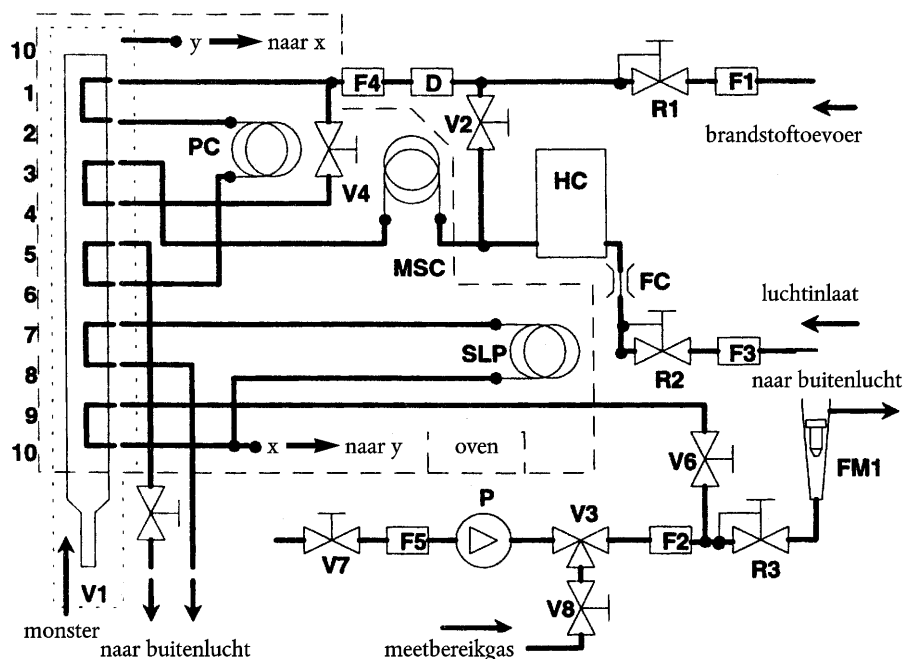
Bij gebruik van een GC-methode wordt een klein gemeten volume van het monster in een analysekolom geïnjecteerd waarin dit door een inert transportgas wordt getransporteerd. De kolom scheidt de diverse componenten naar gelang van hun kookpunt, zodat zij op verschillende tijdstippen uit de kolom worden uitgewassen. Vervolgens passeren zij een detector die een elektrisch signaal opwekt dat afhangt van de concentratie. Omdat deze methode geen continue analysemethode is, kan zij alleen worden gebruikt samen met de bemonsteringszakmethode die in bijlage III, aanhangsel 4, punt 3.4.2, is beschreven.

Voor de NMHC-analyse wordt een geautomatiseerde GC-techniek met een FID gebruikt. De uitlaatgassen worden bemonsterd en de monsters gaan in een bemonsteringszak, waaruit een klein gedeelte wordt genomen dat in de GC-kolom wordt geïnjecteerd. Het monster wordt door de Porapak-kolom in twee delen gescheiden (CH_4 /lucht/ CO en NMHC/ CO_2 / H_2O). Een moleculaire zeef scheidt vervolgens het CH_4 van de lucht en de CO voordat het naar de FID wordt doorgeleid, waar de concentratie wordt gemeten. Een volledige cyclus vanaf de injectie van een monster tot de injectie van het volgende monster kan in 30 s plaatsvinden. Om de NMHC te bepalen, dient de CH_4 -concentratie van de totale HC-concentratie te worden afgetrokken (zie bijlage III, aanhangsel 2, punt 4.3.1).

Figuur 9 toont een typische GC-opstelling voor de routinematige bepaling van CH_4 . Andere GC-methoden mogen worden gebruikt, indien zij technisch verantwoord zijn.

Figuur 9

Stroomdiagram voor methaananalyse (GC-methode)



Onderdelen van figuur 9

PC Porapak-kolom

Porapak N, 180/300 μm (50/80 mesh), lengte 610 mm en inwendige diameter 2,16 mm, dient vóór het eerste gebruik ten minste 12 uur in het transportgas te worden geplaatst bij 423 K (150 °C).

MSC Kolom met de moleculaire zeef

Type 13X, 250/350 μm (45/60 mesh), lengte 1 220 mm en inwendige diameter 2,16 mm, dient vóór het eerste gebruik ten minste 12 uur in het transportgas te worden geplaatst bij 423 K (150 °C).

OV Oven

Om de kolommen en de kleppen op een voor de goede werking van de analyser vereiste stabiele temperatuur te houden, en de kolommen bij 423 K (150 °C) te conditioneren.

SLP Bemonsteringslus

Een buis van roestvast staal van voldoende lengte met een volume van circa 1 cm^3 .

P Pomp

Om het monster naar de gaschromatograaf te leiden.

D Droger

Een droger met een moleculaire zeef wordt gebruikt om water en andere eventuele verontreinigingen uit het transportgas te verwijderen.

HC

Vlamionisatiedetector (FID) om de methaanconcentratie te bepalen.

V1 Monsterinjectieklep

Om het monster uit de bemonsteringszak via de SL van figuur 8 te injecteren. De klep moet een klein dood volume hebben, gasdicht zijn en tot 423 K (150 °C) verhit kunnen worden.

V3 Selectieklep

Om te kiezen tussen meetbereikgas, bemonsteringsgas of geen gas.

V2, V4, V5, V6, V7, V8 Naaldklep

Om de stromen in het systeem in te stellen.

R1, R2, R3 Drukregelaars

Om de stroom van de brandstof (= transportgas), het monster, respectievelijk de lucht te regelen.

FC Stroomcapillair

Om de luchtstroom naar de FID te regelen.

G1, G2, G3 Drukmeters

Om de stroom van de brandstof (= transportgas), het monster, respectievelijk de lucht te regelen.

F1, F2, F3, F4, F5 Filters

Filters van gesinterd metaal om te voorkomen dat slijpsel de pomp of het instrument binnendringt.

FL1

Om de stroom in de omloopleiding te meten.

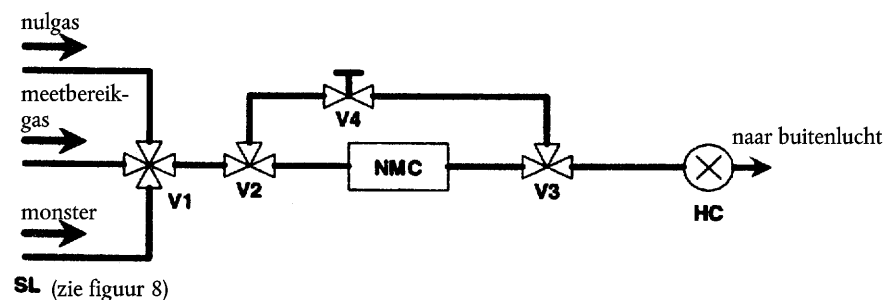
1.3.2. Niet-methaan-cuttermethode (NMC, figuur 10)

De NMC oxideert alle koolwaterstoffen behalve CH₄ tot CO₂ en H₂O, zodat alleen nog CH₄ door de FID wordt gedetecteerd nadat het monster door de NMC is geleid. Bij gebruik van een bemonsteringszak wordt bij de SL een omloopleiding geïnstalleerd (zie punt 1.2, figuur 8), waarmee het mogelijk is de stroom door of om de NMC heen te leiden overeenkomstig de bovenste helft van figuur 10. Voor de NMHC-meting moeten beide waarden (HC en CH₄) van de FID worden afgelezen en geregistreerd. Bij gebruik van de integratiemethode dient een NMC, gecombineerd met een tweede FID, parallel aan de gewone FID in de HSL1 te worden aangebracht (zie punt 1.2, figuur 8) overeenkomstig de onderste helft van figuur 10. Voor de NMHC-meting dienen de waarden van de twee FID's (HC en CH₄) te worden afgelezen en geregistreerd.

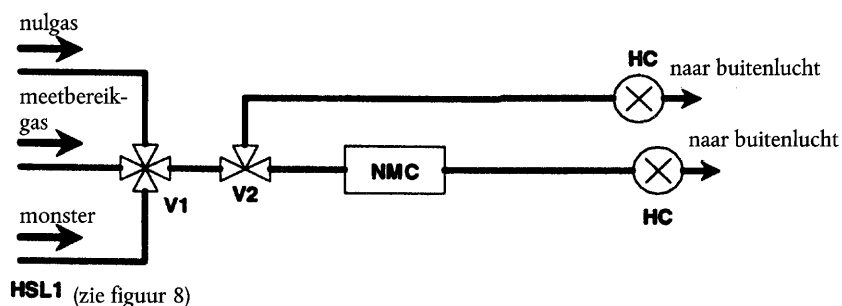
De NMC dient vóór de test bij een temperatuur van tenminste 600 K (327 °C) te worden gekarakteriseerd voor wat betreft het katalytische effect op CH₄ en C₂H₆, waarbij de H₂O-waarden representatief zijn voor uitlaatgascondities. Het dauwpunt en het O₂-niveau van de bemonsterde uitlaatgasstroom moeten bekend zijn. De relatieve responsie van de FID op CH₄ moet geregistreerd worden (zie bijlage III, aanhangsel 5, punt 1.8.2).

Figuur 10

Stroomdiagram voor de analyse van methaan met de niet-methaancuttermethode (NMC)



Bemonsteringszakmethode



Integratiemethode

Onderdelen van figuur 10

NMC Niet-methaan cutter

Om alle koolwaterstoffen behalve methaan te oxideren.

HC

Verwarme vlamionisatiedetector (HFID) om de HC- en CH₄-concentraties te meten. De temperatuur dient op 453 K tot 473 K (180 °C tot 200 °C) te worden gehouden.

V1 Selectieklep

Om te kiezen tussen monster, nulgas en meetbereikgas. V1 correspondeert met V2 in figuur 8.

V2, V3 Elektromagnetische klep

Om de NMC te overbruggen.

V4 Naaldklep

Om de stroom over de NMC en de omloopleiding te verdelen.

R1 Drukregelaar

Om de druk in de bemonsteringsleiding en de stroom naar de HFID te regelen. R1 correspondeert met R3 in figuur 8.

FL1 Stroommeter

Om de stroom in de omloopleiding te meten. FL1 is identiek met FL1 in figuur 8.

2. UITLAATGASVERDUNNING EN BEPALING VAN DE DEELTJESCONCENTRATIE

2.1. Inleiding

De punten 2.2, 2.3 en 2.4 en de figuren 11 tot en met 22 geven uitvoerige beschrijvingen van de aanbevolen verdunnings- en bemonsteringssystemen. Aangezien verschillende configuraties gelijkwaardige resultaten kunnen opleveren, hoeven deze figuren niet exact te worden gevolgd. Aanvullende onderdelen zoals instrumenten, kleppen, elektromagneten, pompen en schakelaars mogen worden gebruikt om extra gegevens te verschaffen en de functies van deelsystemen te coördineren. Andere onderdelen, voorzover niet noodzakelijk om de nauwkeurigheid van bepaalde systemen te waarborgen, mogen worden weggelaten indien dit technisch verantwoord is.

2.2. Partiële-stroomverdunningsstelsel

In de figuren 11 tot en met 19 is een verdunningsstelsel beschreven dat gebaseerd is op de verdunning van een gedeelte van de uitlaatgasstroom. Het splitsen van de uitlaatgasstroom en de daaropvolgende verdunning kunnen geschieden door verschillende soorten verdunningsstelsels. Bij de daaropvolgende verzameling van deeltjes kan al het verdunde uitlaatgas of een gedeelte van het verdunde uitlaatgas door het deeltjesbemonsteringssysteem worden gevoerd (punt 2.4, figuur 21). De eerste methode wordt de totale bemonsteringsmethode genoemd, de tweede de deeltjesbemonsteringsmethode.

De berekening van de verdunningsverhouding hangt af van het toegepaste stelsel. De volgende systemen worden aanbevolen:

Isokinetische systemen (figuren 11 en 12)

Met deze systemen worden de stroom in de verbindingbuis wat betreft de gassnelheid en/of -druk afgestemd op de totale uitlaatgasstroom, waarvoor derhalve een vrije en gelijkmatige gasstroom bij de bemonsteringssonde nodig is. Dit wordt gewoonlijk tot stand gebracht door gebruikmaking van een resonator en een rechte toevoerleiding vóór het bemonsteringspunt. De splitsingsverhouding wordt dan berekend uit gemakkelijk meetbare waarden zoals de buisdiameters. Er dient rekening mee te worden gehouden dat een isokinetische toestand alleen wordt gebruikt voor het afstemmen van de stroomomstandigheden en niet voor het afstemmen van de grootteverdeling. Dit laatste is gewoonlijk niet nodig, aangezien de deeltjes voldoende klein zijn om de stromen in het fluidum te volgen.

Systemen met stroomregeling en concentratiemeting (figuren 13 tot en met 17)

Bij deze systemen wordt een monster genomen uit de totale gasstroom door het regelen van de verdunningsluchtstroom en de totale verdunde uitlaatgasstroom. De verdunningsverhouding wordt bepaald door de concentraties van indicatorgassen, zoals CO₂ of NO_x, die van nature in het uitlaatgas voorkomen. De concentraties in het verdunde uitlaatgas en in de verdunningslucht worden gemeten, terwijl de concentratie in het ruwe uitlaatgas hetzij rechtstreeks kan worden gemeten hetzij kan worden bepaald uit de brandstofstroom en de koolstofbalansvergelijking indien de brandstofsamenstelling bekend is. De systemen kunnen worden geregeld aan de hand van de berekende verdunningsverhouding (figuren 13 en 14) of op basis van de stroom in de verbindingbuis (figuren 12, 13 en 14).

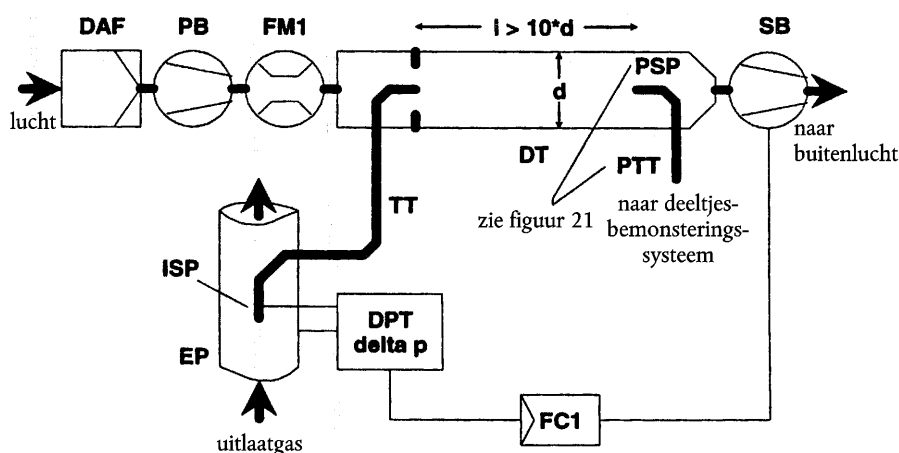
Systemen met stroomregeling en -meting (figuren 18 en 19)

Bij deze systemen wordt een monster uit de totale uitlaatgasstroom genomen door de verdunningsluchtstroom en de totale verdunde uitlaatgasstroom in te stellen. De verdunningsverhouding wordt bepaald door het verschil tussen de twee stromen. Nauwkeurige kalibrering van de stroommeters ten opzichte van elkaar is hiervoor nodig, aangezien de relatieve grootte van de twee stromen tot significante fouten kan leiden bij hogere verdunningsverhoudingen (van 15 en meer). De stroomregeling geschiedt eenvoudig door de verdunde uitlaatgasstroom constant te houden en de verdunningslucht zo nodig te variëren.

Teneinde de voordelen van het partiële-stroomverdunningsstelsel te benutten moet ervoor worden gezorgd dat de potentiële problemen van het verlies van deeltjes in de verbindingleiding wordt voorkomen, zodat een representatief monster wordt genomen uit het uitlaatgas en de splitsingsverhouding wordt bepaald. Bij de beschreven systemen is rekening gehouden met deze kritische gebieden.

Figuur 11

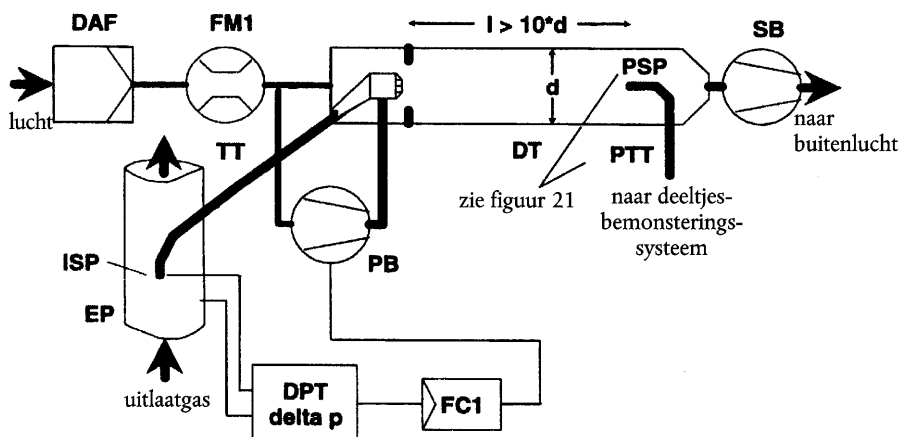
Partiële-stroomverduunningssysteem met isokinetische sonde en deelbemonstering
(regeling van SB)



Het ruwe uitlaatgas wordt met de isokinetische bemonsteringssonde ISP uit de uitlaatpijp EP naar de verdunningstunnel DT gevoerd via de verbindingsleiding TT. Het drukverschil van het uitlaatgas tussen de uitlaatpijp en de inlaat van de sonde wordt gemeten met de drukvormer DPT. Het signaal wordt doorgegeven aan de stroomregelaar FC1 die de aanzuigventilator SB regelt, zodat het drukverschil bij de punt van de sonde op nul wordt gehouden. Onder deze omstandigheden zijn de uitlaatgassnelheden in EP en ISP gelijk en is de stroom door ISP en TT een constant deel (fractie) van de uitlaatgasstroom. De splitsingsverhouding wordt bepaald door de dwarsdoorsneden van EP en ISP. De verdunningsluchtstroom wordt gemeten met de stroommeter FM1. De verdunningsverhouding wordt berekend uit de verdunningsluchtstroom en de splitsingsverhouding.

Figuur 12

Partiële-stroomverduunningssysteem met isokinetische sonde en deelbemonstering
(regeling van PB)

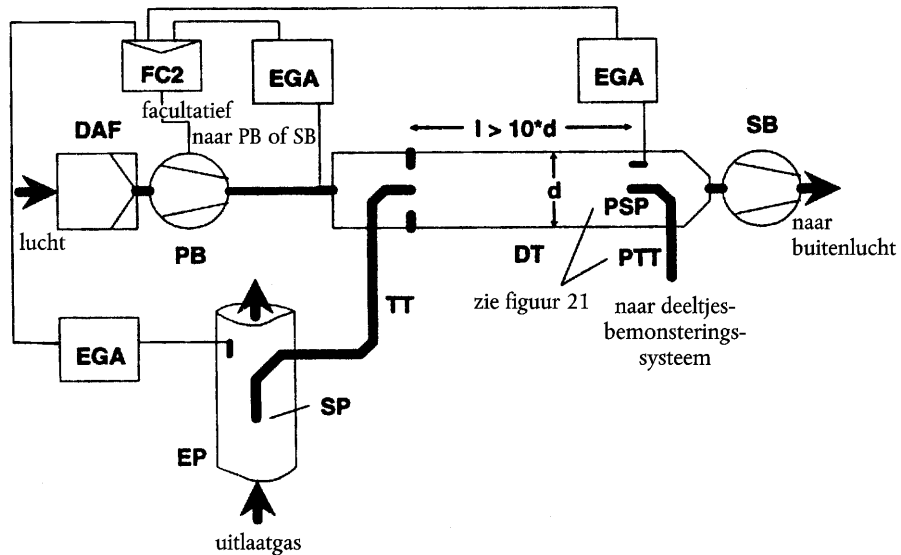


Het ruwe uitlaatgas wordt met de isokinetische bemonsteringssonde ISP uit de uitlaatpijp EP naar de verdunningstunnel DT gevoerd via de verbindingsleiding TT. Het drukverschil van het uitlaatgas tussen de uitlaatpijp en de inlaat van de sonde wordt gemeten met de drukvormer DPT. Het signaal wordt doorgegeven aan de stroomregelaar FC1 die de aanjager PB regelt, zodat het drukverschil bij de punt van de sonde op nul wordt gehouden. Dit wordt gerealiseerd door een klein deel van de verdunningslucht te nemen waarvan de stroom reeds gemeten is met de stroommeter FM1 en dit naar TT te voeren via een gekalibreerde gasdoorlaat. Onder deze omstandigheden zijn de uitlaatgassnelheden in EP en ISP gelijk en

is de stroom door ISP en TT een constant deel (fractie) van de uitlaatgasstroom. De splitsingsverhouding wordt bepaald door de dwarsdoorsneden van EP en ISP. De verdunningslucht wordt in DT gezogen met behulp van de aanzuigventilator SB en de stroom wordt gemeten met FM1 bij de inlaat van DT. De verdunningsverhouding wordt berekend uit de verdunningsluchtstroom en de splitsingsverhouding.

Figuur 13

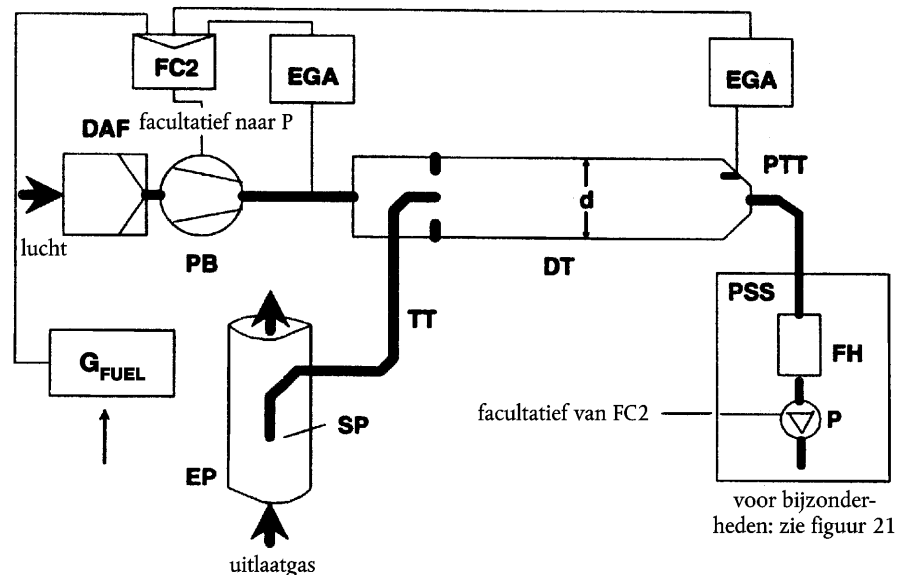
Partiële-stroomverdunningsstelsysteem met meting van CO₂- of NO_x-concentratie en deelbemonstering



Het ruwe uitlaatgas wordt met de bemonsteringssonde SP vanuit de uitlaatpijp EP naar de verdunningstunnel DT gevoerd via de verbindingsleiding TT. De concentratie van een indicorgas (CO₂ of NO_x) wordt gemeten in het ruwe en het verdunde uitlaatgas en in de verdunningslucht met de uitlaatgasanalysator(en) EGA. Deze signalen worden doorgegeven aan de stroomregelaar FC2 die de aanzuiger PB of de aanzuigventilator SB regelt, zodat de uitlaatgassplitsing en de verdunningsverhouding in DT op de gewenste waarde worden gehouden. De verdunningsverhouding wordt berekend uit de indicorgasconcentraties in het ruwe uitlaatgas, het verdunde uitlaatgas en de verdunningslucht.

Figuur 14

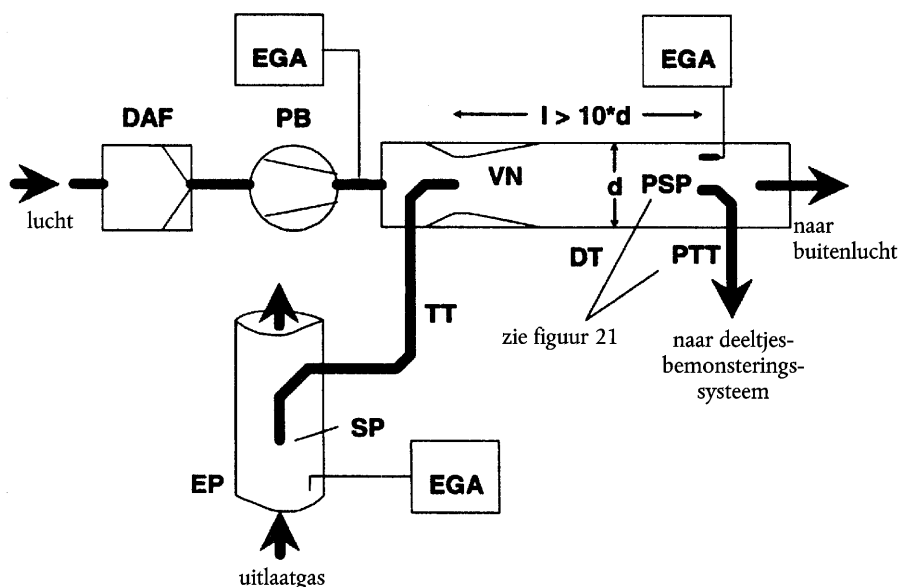
Partiële-stroomverdunningsstelsysteem met meting van de CO₂-concentratie, koolstofbalans en totale bemonstering



Het ruwe uitlaatgas wordt met de bemonsteringssonde SP overgebracht uit de uitlaatpijp EP naar de verdunningstunnel DT via de verbindingsleiding TT. De CO₂-concentratie wordt gemeten in het verdunde uitlaatgas en in de verdunningslucht met de uitlaatgasanalysator(en) EGA. De signalen van de CO₂-meting en de brandstofstroommeting G_{FUEL} worden doorgegeven aan hetzij de stroomregelaar FC2, hetzij de stroomregelaar FC3 van het deeltjesbemonsteringssysteem (zie figuur 21). FC2 regelt de aanjager PB en FC3 de bemonsteringspomp P (zie figuur 21), waardoor de stromen in en uit het systeem zodanig worden ingesteld dat de uitlaatgassplitsing en de verdunningsverhouding in DT op de gewenste waarde worden gehouden. De verdunningsverhouding wordt berekend uit de CO₂-concentratie en de G_{FUEL}, uitgaande van de koolstofbalansveronderstelling.

Figuur 15

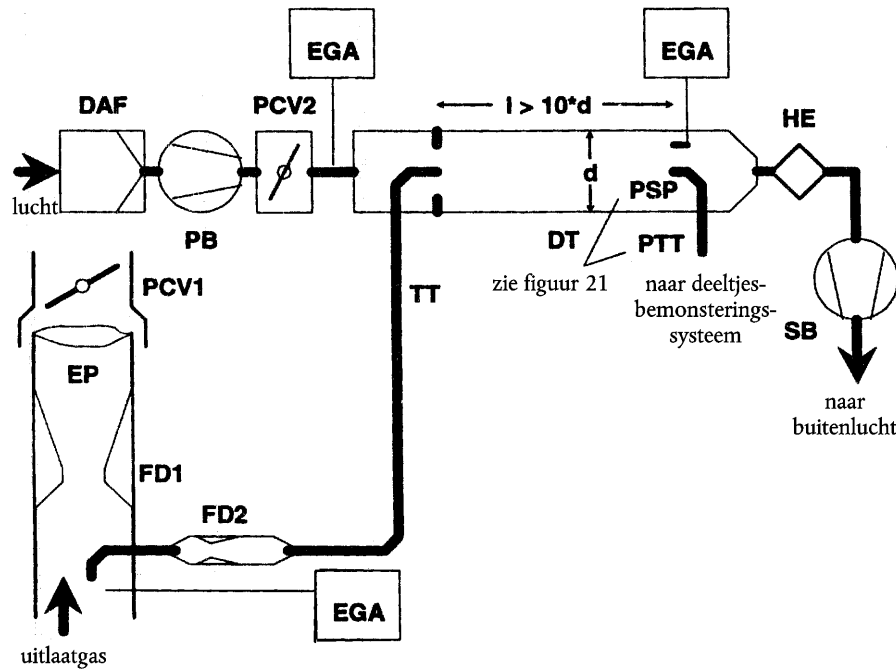
Partiële-stroomverdunningsstelsel met één venturi, meting van de concentratie en deeltjesbemonstering



Het ruwe uitlaatgas wordt met de bemonsteringssonde SP uit de uitlaatpijp EP naar de verdunningstunnel DT gevoerd via de verbindingsleiding TT als gevolg van de onderdruk die door de venturi VN in DT ontstaat. De gasstroom door TT hangt af van de impulsuitwisseling in het venturigebed en wordt daardoor beïnvloed door de absolute temperatuur van het gas bij de uitgang van TT. Dientengevolge is de uitlaatgassplitsing voor een bepaalde tunnelstroom niet constant en de verdunningsverhouding bij lage belasting iets lager dan bij een hoge belasting. De indicatorgasconcentraties (CO₂ of NO_x) worden gemeten in het ruwe uitlaatgas, het verdunde uitlaatgas en de verdunningslucht met de uitlaatgasanalysator(en) EGA en de verdunningsverhouding wordt berekend uit de gemeten waarden.

Figuur 16

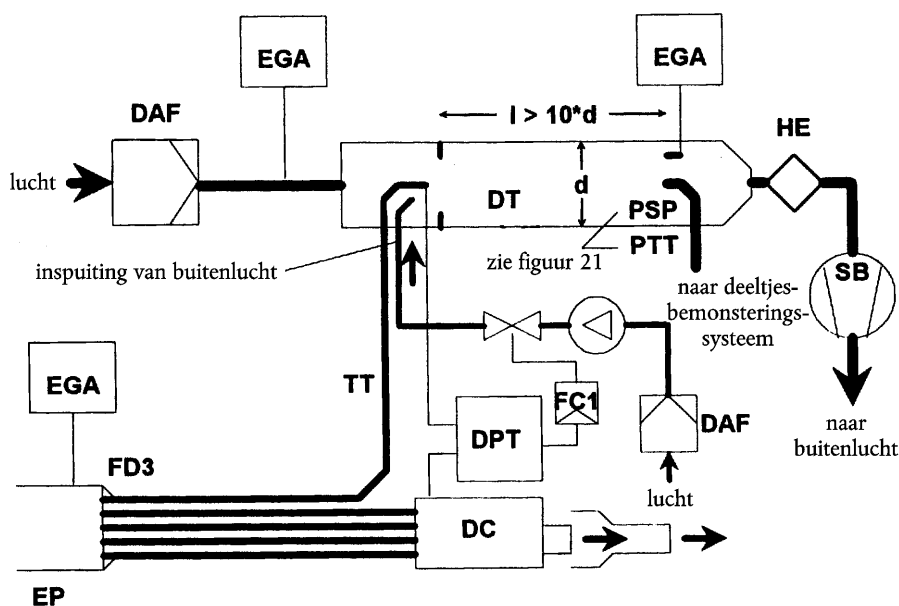
Partiële-stroomverduunningssysteem met twee venturi's of twee openingen, meting van de concentratie en deelbemonstering



Het ruwe uitlaatgas wordt met de bemonsteringssonde SP uit de uitlaatpijp EP naar de verdunningstunnel DT geleid via de verbindingsleiding TT met behulp van een stroomverdeler die voorzien is van twee restricties of venturi's. De eerste (FD1) bevindt zich in EP en de tweede (FD2) in TT. Bovendien zijn twee drukregelkleppen (PCV1 en PCV2) nodig om een constante uitlaatgassplitsing te bewerkstelligen door de tegendruk in EP en de druk in DT te regelen. PCV1 is na SP in EP geplaatst, PCV2 tussen de aanjager PB en DT. De indicatorgasconcentraties (CO_2 en NO_x) worden gemeten in het ruwe uitlaatgas, het verdunde uitlaatgas en de verdunningslucht met de uitlaatgasanalysator(en) EGA. Deze zijn nodig om de uitlaatgassplitsing te controleren en kunnen worden gebruikt om PCV1 en PCV2 bij te stellen voor een nauwkeurige regeling van de splitsing. De verdunningsverhouding wordt berekend uit de indicatorgasconcentraties.

Figuur 17

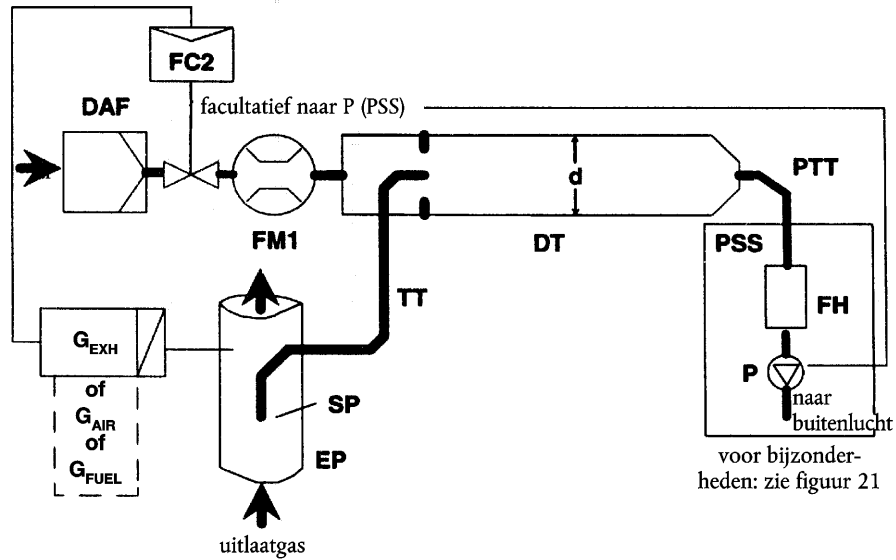
Partiële-stroomverduunningssysteem met scheiding door verscheidene buisjes, meting van de concentratie en deelbemonstering



Het ruwe uitlaatgas wordt uit de uitlaatpijp EP naar de verdunningstunnel DT gevoerd via de verbindingsleiding TT en de stroomverdeler FD3 die bestaat uit een aantal buisjes met dezelfde afmetingen (zelfde diameter, lengte en bochtradius) en in EP is geplaatst. Het uitlaatgas uit één van deze buisjes wordt naar DT geleid en het uitlaatgas door de overige buizen gaat door de rustkamer DC. Op deze wijze wordt de uitlaatgassplitsing bepaald door het totale aantal buisjes. Voor een constante regeling van de splitsing moet het drukverschil tussen DC en de uitlaat van TT nul zijn, hetgeen wordt gemeten met de drukvormer DPT. Een drukverschil van nul wordt bereikt door bij het uiteinde van TT buitenlucht in DT te spuiten. De indicatorgasconcentraties (CO_2 of NO_x) worden gemeten in het ruwe uitlaatgas, het verdunde uitlaatgas en de verdunningslucht met de uitlaatgasanalysator(en) EGA. Deze grootheden zijn nodig om de uitlaatgassplitsing te controleren en kunnen worden gebruikt om de ingespoten luchtstroom te regelen, zodat de scheiding nauwkeurig plaatsvindt. De verdunningsverhouding wordt berekend uit de indicatorgasverhoudingen.

Figuur 18

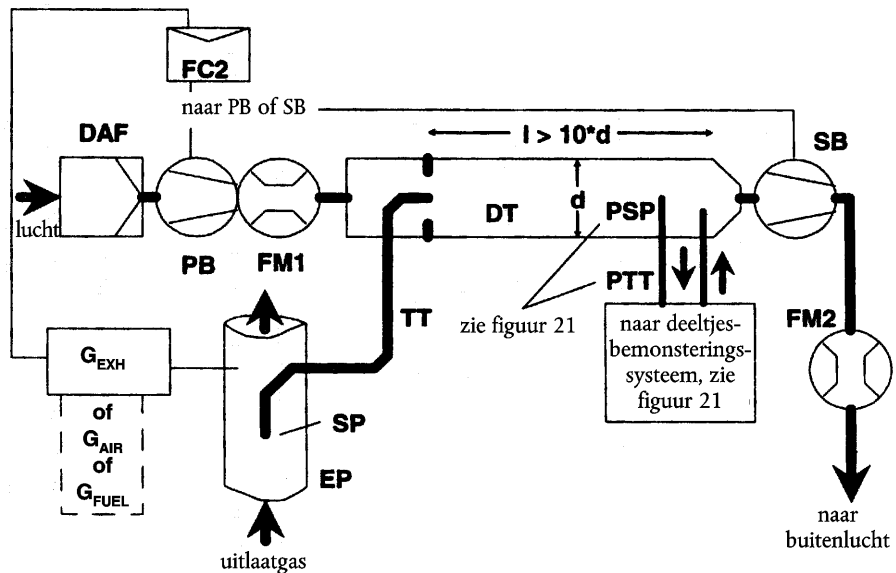
Partiële-stroomverduunningssysteem met stroomregeling en totale bemonstering



Het ruwe uitlaatgas wordt met de bemonsteringssonde SP uit de uitlaatpijp EP naar de verdunningstunnel DT gevoerd via de verbindingsleiding TT. De totale stroom door de tunnel wordt geregeld door de stroomregelaar FC3 en de bemonsteringspomp P van het deeltjesbemonsteringssysteem (zie figuur 18). De verdunningsluchtstroom wordt geregeld door de stroomregelaar FC2, die door G_{EXHW} , G_{AIRW} , of G_{FUEL} kan worden gestuurd om de gewenste uitlaatgassplitsing te verkrijgen. De bemonsteringsstroom in DT is het verschil van de totale stroom en de verdunningsluchtstroom. De verdunningsluchtstroom wordt gemeten met de stroommeter FM1 en de totale stroom met de stroommeter FM3 van het deeltjesbemonsteringssysteem (zie figuur 21). De verdunningsverhouding wordt berekend uit deze twee stroomwaarden.

Figuur 19

Partiële-stroomverduunningssysteem met stroomregeling en deeltjesbemonstering



Het ruwe uitlaatgas wordt met de bemonsteringssonde SP uit de uitlaatpijp EP naar de verdunningstunnel DT gevoerd via de verbindingsleiding TT. De uitlaatgassplitsing en de stroom in DT wordt geregeld door de stroomregelaar FC2 die de stroom (of snelheid) van de aanjager PB en de aanzuigventilator SB dienovereenkomstig bijstelt. Dit is mogelijk aangezien het door het bemonsteringssysteem genomen monster wordt teruggevoerd in DT. De signalen van G_{EXHW} , G_{AIRW} , of G_{FUEL} kunnen worden gebruikt om FC2 uit te sturen. De verdunningsluchtstroom wordt gemeten met de stroommeter FM1 en de totale stroom met de stroommeter FM2. De verdunningsverhouding wordt berekend uit deze twee stroomwaarden.

2.2.1. *Onderdelen van de figuren 11 tot en met 19*

EP Uitlaatpijp

De uitlaatpijp mag worden geïsoleerd. Om de thermische traagheid van de uitlaatpijp te verminderen wordt een dikte/diameterverhouding van 0,015 of minder aanbevolen. Het gebruik van flexibele delen moet worden beperkt tot een lengte/diameterverhouding van 12 of minder. Bochten moeten tot een minimum worden beperkt om afzetting door traagheid tegen te gaan. Indien het systeem een proefbankdemper omvat, mag de demper ook worden geïsoleerd.

Bij een isokinetisch systeem mogen er in de uitlaatpijp geen ellebogen, bochten of plotselinge diameterovergangen voorkomen over een lengte van ten minste zes buisdiameters vóór en drie buisdiameters voorbij de punt van de sonde. De gassnelheid in het bemonsteringsgebied moet hoger zijn dan 10 m/s behalve bij stationair draaien. Drukschommelingen van het uitlaatgas mogen niet meer dan gemiddeld ± 500 Pa bedragen. Andere maatregelen ter vermindering van drukschommelingen dan die met een uitlaatsysteem van het type onder een chassis (met inbegrip van demper en nabehandelingsinrichting) mogen de motorprestaties niet wijzigen en geen afzetting van deeltjes veroorzaken.

Bij systemen zonder isokinetische sondes wordt aanbevolen een rechte pijp van ten minste zes pijpdiameters vóór en drie pijpdiameters voorbij de punt van de sonde te gebruiken.

SP Bemonsteringssonde (figuren 10, 14, 15, 16, 18 en 19)

De inwendige diameter bedraagt minimaal 4 mm. De minimum-diameterverhouding tussen uitlaatpijp en sonde bedraagt vier. De sonde bestaat uit een open buis met de opening tegen de stroom in gericht in de hartlijn van de uitlaatpijp, of een sonde met verscheidene gaatjes overeenkomstig SP1 in punt 1.2.1, figuur 5.

ISP Isokinetische bemonsteringssonde (figuren 11 en 12)

De isokinetische bemonsteringssonde moet tegen de stroom in gericht zijn en zich in de hartlijn van de uitlaatpijp bevinden, in het deel van EP waar aan de stroomvoorwaarden wordt voldaan, en zodanig zijn ontworpen dat een evenredig deel van het ruwe uitlaatgas wordt bemonsterd. De binnendiameter bedraagt minimaal 12 mm.

Er is een regelsysteem nodig voor de isokinetische uitlaatgassplitsing waarbij het drukverschil tussen EP en SP op nul wordt gehouden. Onder deze omstandigheden zijn de uitlaatgassnelheden in EP en ISP gelijk en is de massastroom door ISP een constant deel van de uitlaattgasstroom. De ISP moet worden aangesloten op een drukverschilvormer. Het drukverschil tussen EP en ISP wordt op nul gehouden met de stroomregelaar FC1.

FD1, FD2 Stroomverdeler (figuur 16)

Er worden in de uitlaatpijp EP en in de verbindingsleiding TT venturi's of restricties aangebracht om een proportioneel monster van het ruwe uitlaatgas te kunnen nemen. Er is een regelsysteem met twee drukregelkleppen PCV1 en PCV2 nodig voor een proportionele splitsing door de regeling van de druk in EP en DT.

FD3 Stroomverdeler (figuur 17)

Er wordt in de uitlaatpijp EP een stel buisjes (een eenheid bestaande uit verscheidene buisjes) gemonteerd om een proportioneel monster van het ruwe uitlaatgas te kunnen nemen. Een van de buisjes voert het uitlaatgas in de verdunningstunnel DT, terwijl de andere buisjes het uitlaatgas naar de rustkamer DC leiden. De buisjes moeten dezelfde afmetingen hebben (zelfde diameter, lengte, bochtradius), zodat de splitsing van het uitlaatgas afhangt van het totaal aantal buisjes. Voor een proportionele scheiding is een regelsysteem nodig waarbij het drukverschil tussen het uiteinde van de uit meerdere buisjes bestaande eenheid in

de DC en de uitgang van de TT op nul wordt gehouden. Onder deze omstandigheden zijn de uitlaatgas-snelheden in EP en in FD3 evenredig en is de stroom door de TT een constant deel van de uitlaatgas-stroom. De twee punten moeten worden verbonden met behulp van een drukverschilomvormer DPT. Het drukverschil nul wordt gerealiseerd met behulp van de stroomregelaar FC1.

EGA Uitlaatgasanalysator (figuren 13, 14, 15, 16 en 17)

Er kan gebruik worden gemaakt van CO₂- of NO_x-analysatoren (alleen CO₂ bij de koolstofbalansmethode). De analysatoren worden op dezelfde wijze gekalibreerd als de analysatoren voor de meting van de gasvormige emissies. Er kan gebruik gemaakt worden van verscheidene analysatoren voor de bepaling van de concentratieverschillen. De nauwkeurigheid van de meetsystemen moet zodanig zijn dat G_{EDFW,i} met een tolerantie van ± 4 % kan worden bepaald.

TT Verbindingsleiding (figuren 11 tot en met 19)

De verbindingsleiding moet:

- zo kort mogelijk zijn (maximaal 5 meter lang);
- een diameter hebben die groter dan of gelijk is aan de sonde (maximaal 25 mm);
- in de hartlijn van de verdunningstunnel uitkomen en met de stroom mee gericht zijn.

Indien de lengte van de buis kleiner dan of gelijk is aan 1 meter moet deze geïsoleerd worden met materiaal met een maximale thermische geleidbaarheid van 0,05 W/(m · K) met een radiale dikte van de isolatie die overeenkomt met de diameter van de sonde. Indien de buis langer is dan 1 meter, moet hij geïsoleerd zijn en worden verwarmd tot een minimumwandtemperatuur van 523 K (250 °C).

DPT Drukverschilomvormer (figuren 11, 12 en 17)

De drukverschilomvormer moet een bereik van ± 500 Pa of minder hebben.

FC1 Stroomregelaar (figuren 11, 12 en 17)

Voor isokinetische systemen (figuren 11 en 12) is een stroomregelaar nodig om het drukverschil tussen EP en ISP op nul te houden. De afstelling kan geschieden door:

- a) de snelheid of het debiet van de aanzuigventilator SB te regelen en de snelheid van de aanjager PB in elke toestand constant te houden (figuur 11), of:
- b) de aanzuigventilator SB zodanig af te stellen dat er een constante massastroom van verdund uitlaatgas is en de bemonsterde uitlaatgasstroom aan het eind van de verbindingsbuis TT (figuur 12) te beheersen door regeling van het debiet van de aanjager PB.

Bij een systeem met drukregeling, mag de nettofout in de regelkring niet meer dan ± 3 Pa bedragen. De drukschommelingen in de verdunningstunnel mogen gemiddeld niet meer bedragen dan ± 250 Pa.

Bij een systeem met meerdere buisjes (figuur 17) is een stroomregelaar nodig voor de proportionele scheiding van het uitlaatgas, waarbij het drukverschil tussen de uitgang van de uit meerdere buisjes bestaande eenheid en de uitgang van TT op nul wordt gehouden. De regeling kan geschieden door middel van de regeling van de injectieluchtstroom in DT aan het einde van de verbindingsleiding TT.

PCV1, PCV2 Drukregelklep (figuur 16)

Er zijn twee drukregelkleppen nodig voor de twee venturi's/twee restricties voor een proportionele stroomscheiding waarbij de tegendruk van EP en de druk in DT wordt geregeld. De kleppen moeten voorbij SP in EP en tussen PB en DT worden geplaatst.

DC Rustkamer (figuur 17)

Er dient een rustkamer te worden aangebracht aan het uiteinde van de buisjeseenheid om de drukschommelingen in de uitlaatpijp EP tot een minimum te beperken.

VN Venturi (figuur 15)

Er wordt in de verdunningstunnel DT een venturi geplaatst om een onderdruk in de omgeving van de uitgang van de verbindingsleiding TT teweeg te brengen. De gasstroom door TT wordt bepaald door de impulsuitwisseling in het venturigebed en is in principe evenredig met het debiet van de aanjager PB met als gevolg een constante verdunningsverhouding. Aangezien de impulsuitwisseling afhankelijk is van de

temperatuur bij de uitgang van TT en het drukverschil tussen EP en DT, ligt de werkelijke verdunningsverhouding enigszins lager bij lage belasting dan bij hoge belasting.

FC2 Stroomregelaar (figuren 13, 14, 18 en 19; facultatief)

Er mag een stroomregelaar worden toegepast om de stroom van de aanjager PB en/of de aanzuigventilator SB te regelen. Deze mag aangesloten worden op het uitlaatgasstroom- of brandstofstroomsignaal en/of op het CO₂- of NO_x-verschilsignaal.

Wanneer lucht onder druk wordt toegevoerd (figuur 18), regelt FC2 de luchtstroom rechtstreeks.

FM1 Stroommeter (figuren 11, 12, 18 en 19)

Een gasstroom- of debietmeter die de luchtstroom meet. Het gebruik van FM1 is facultatief indien PB gekalibreerd is om de stroom te meten.

FM2 Stroommeter (figuur 19)

Een gasstroom- of debietmeter die de verdunde uitlaatgasstroom meet. Het gebruik van FM2 is facultatief indien de aanzuigventilator SB gekalibreerd is om de stroom te meten.

PB Aanjager (figuren 11, 12, 13, 14, 15, 16 en 19)

Om de stroom van de verdunningslucht te regelen, mag PB worden aangesloten op de stroommeters FC1 of FC2. PB is overbodig wanneer gebruik wordt gemaakt van een vlinderklep. PB kan worden gebruikt om de verdunningsluchtstroom te meten, indien instrument gekalibreerd.

SB Aanzuigventilator (figuren 11, 12, 13, 16, 17 en 19)

Alleen voor deeltjesbemonsteringssystemen. SB kan worden gebruikt om de verdunde uitlaatgasstroom te meten, indien gekalibreerd.

DAF VerdunningsluchtfILTER (figuren 11 tot en met 19)

Aanbevolen wordt de verdunningslucht te filteren en met koolstof te wassen om achtergrondkoolwaterstoffen te verwijderen. Op verzoek van de fabrikant van de motor mag de verdunningslucht op deskundige wijze worden bemonsterd om de achtergronddeeltjesniveaus te bepalen, die vervolgens van de gemeten waarden in het verdunde uitlaatgas kunnen worden afgetrokken.

DT Verdunningstunnel (figuren 11 tot en met 19)

De verdunningstunnel:

- moet lang genoeg zijn om volledige menging van het uitlaatgas en de verdunningslucht door turbulentie tot stand te brengen;
- moet van roestvast staal gemaakt zijn met:
 - een dikte/diameterverhouding van 0,025 of minder voor verdunningstunnels die een grotere binnendiameter dan 75 mm hebben;
 - een nominale wanddikte van minimaal 1,5 mm voor verdunningstunnels die een binnendiameter hebben kleiner dan of gelijk aan 75 mm;
- moet bij deeltbemonsteringssystemen een diameter van minimaal 75 mm hebben;
- heeft bij totale bemonsteringssystemen een aanbevolen diameter van minstens 25 mm;
- mag worden verwarmd tot een maximumwandtemperatuur van 325 K (52 °C) door directe verwarming of door voorverwarming van de verdunningslucht, mits de luchttemperatuur niet meer dan 325 K (52 °C) bedraagt voordat het uitlaatgas in de verdunningstunnel wordt gevoerd;
- mag worden geïsoleerd.

Het uitlaatgas moet grondig met de verdunningslucht worden vermengd. Bij deeltbemonsteringssystemen moet de mengkwaliteit na ingebruikname worden gecontroleerd aan de hand van een CO₂-profiel van de tunnel bij draaiende motor (ten minste vier, zich op gelijke afstand bevindende meetpunten). Indien nodig mag een mengrestrictie worden toegepast.

NB: Indien de omgevingstemperatuur rond de verdunningstunnel (DT) beneden 293 K (20 °C) ligt, moeten er voorzorgsmaatregelen genomen worden om te voorkomen dat deeltjes verloren gaan door afzetting op de koude wanden van de verdunningstunnel. Derhalve wordt aanbevolen de tunnel te verwarmen en/of te isoleren volgens de bovenstaande specificaties.

Bij hoge motorbelastingen mag de tunnel op niet-agressieve wijze worden gekoeld zoals met een circulatieventilator, zolang de temperatuur van het koelmiddel niet lager is dan 293 K (20 °C).

HE Warmtewisselaar (figuren 16 en 17)

De warmtewisselaar moet voldoende capaciteit hebben om gedurende de test de temperatuur bij de inlaat van aanzuigventilator SB binnen ± 11 K van de gemiddelde bedrijfstemperatuur te houden.

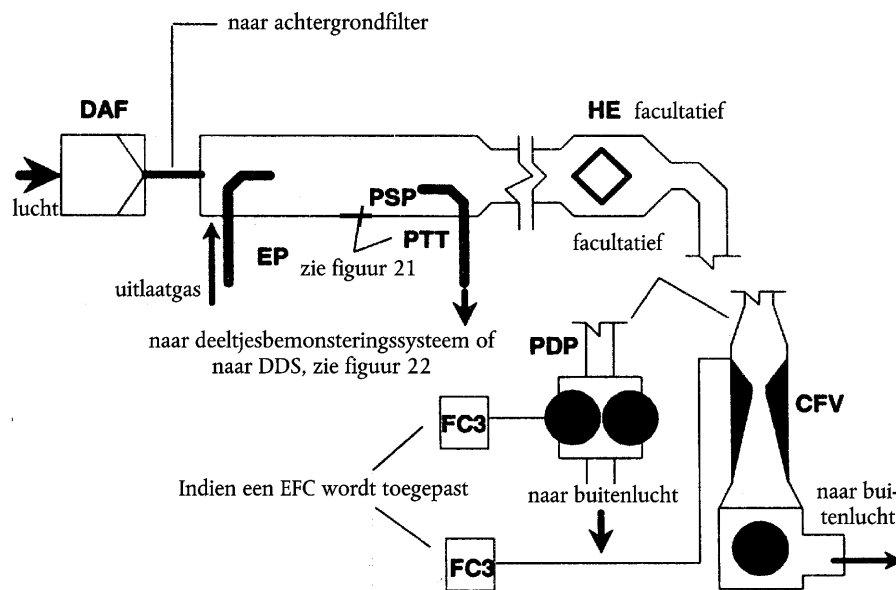
2.3. Volledige-stroomverdunningsstelsysteem

In figuur 20 wordt een verdunningsstelsysteem beschreven waarbij het totale uitlaatgas wordt verdund, uitgaande van constante-volumebemonstering (CVS). Het totale volume van het mengsel uitlaatgas en verdunningslucht moet worden gemeten. Er mag gebruik worden gemaakt van hetzij een PDP- hetzij een CFV-systeem.

Voor de daaropvolgende verzameling van deeltjes wordt een monster van het verdunde uitlaatgas door het deeltjesbemonsteringssysteem (punt 2.4, figuren 21 en 22) gevoerd. Indien dit rechtstreeks geschiedt, is er sprake van enkelvoudige verdunning. Indien het monster nogmaals wordt verdund in een secundaire verdunningstunnel, is er sprake van dubbele verdunning. Dit kan van nut zijn indien niet aan de eisen ten aanzien van de temperatuur van het filteroppervlak kan worden voldaan met een enkelvoudige verdunning. Hoewel het dubbele-verdunningsstelsysteem gedeeltelijk uit een verdunningsstelsysteem bestaat, wordt dit systeem beschreven als een variant van een deeltjesbemonsteringssysteem in punt 2.4, figuur 22, aangezien de meeste onderdelen overeenkomen met een typisch deeltjesbemonsteringssysteem.

Figuur 20

Volledige-stroomverdunningsstelsysteem



De totale hoeveelheid ruw uitlaatgas wordt in de verdunningstunnel DT vermengd met verdunningslucht. De verdunde uitlaatgasstroom wordt gemeten met de verdringerpomp PDP of met de kritische stroomventuri CFV. Er kan gebruik worden gemaakt van een warmtewisselaar HE of elektronische stroomcompensatie EFC voor proportionele deeltjesbemonstering of voor de vaststelling van de stroom. Aangezien bepaling van de massa van de deeltjes is gebaseerd op de totale verdunde uitlaatgasstroom, hoeft de verdunningsverhouding niet te worden berekend.

2.3.1. *Onderdelen van figuur 20***EP Uitlaatpijp**

De lengte van de uitlaatpijp vanaf de uitgang van het uitlaatspruitstuk van de motor, de uitgang van de turbocompressor of de nabehandelingsinrichting tot de verdunningstunnel mag niet meer dan 10 m bedragen. Indien deze pijp meer dan 4 m lang is, moet het gedeelte dat langer is dan 4 m worden geïsoleerd, behalve een eventuele in het systeem opgenomen opaciteitsmeter. De radiale dikte van het isolatiemateriaal moet ten minste 25 mm bedragen. De thermische geleidbaarheid van het isolatiemateriaal moet een waarde hebben van maximaal $0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ gemeten bij een temperatuur van 673 K (400 °C). Om de thermische traagheid van de uitlaatpijp te verminderen wordt een dikte/diameterverhouding van 0,015 of minder aanbevolen. Het gebruik van flexibele delen moet worden beperkt tot een lengte/diameterverhouding van maximaal 12.

PDP Verdringerpomp

De PDP bepaalt de totale verdunde uitlaatgasstroom uit het aantal pompomwentelingen en de plunjerverplaatsing. De tegendruk van het uitlaatsysteem mag niet kunstmatig worden verlaagd door de PDP of het inlaatsysteem voor de verdunningslucht. De statische tegendruk van het uitlaatgas, gemeten met de PDP in werking, moet binnen $\pm 1,5 \text{ kPa}$ van de statische druk liggen, gemeten zonder aansluiting op de PDP bij gelijk toerental en gelijke belasting. De gasmengseltemperatuur onmiddellijk voor de PDP moet gedurende de test binnen $\pm 6 \text{ K}$ van de gemiddelde bedrijfstemperatuur liggen wanneer er geen stroomcompensatie wordt toegepast. Er mag slechts stroomcompensatie worden toegepast indien de temperatuur bij de inlaat van de PDP niet meer dan 323 K (50 °C) bedraagt.

CFV Venturibuis met kritische stroming

De CFV meet de totale verdunde uitlaatgasstroom door de stroming voortdurend te knijpen (kritische stroming). De statische tegendruk van het uitlaatgas gemeten terwijl het CFV-systeem in werking is, mag slechts $\pm 1,5 \text{ kPa}$ afwijken van de statische druk die zonder de CFV wordt gemeten bij eenzelfde toerental en belasting. De temperatuur van het gasmengsel vlak na de CFV moet gedurende de test binnen $\pm 11 \text{ K}$ van de gemiddelde bedrijfstemperatuur liggen, wanneer geen stroomcompensatie wordt toegepast.

HE Warmtewisselaar (facultatief bij gebruik van een EFC)

De warmtewisselaar moet voldoende capaciteit hebben om de temperatuur binnen de bovengenoemde grenswaarden te houden.

EFC Elektronische stroomcompensatie (facultatief bij gebruik van een HE)

Indien de temperatuur bij de inlaat van de PDP of de CFV niet binnen de bovenstaande grenzen wordt gehouden, moet een stroomcompensatiesysteem worden toegepast voor de permanente meting van de stroom en regeling van de proportionele bemonstering in het deeltjessysteem. Hiertoe worden de continue gemeten stroomsignalen gebruikt om de bemonsteringsstroom door het deeltjesfilter van het deeltjesbemonsteringssysteem te corrigeren (zie punt 2.4, figuren 21 en 22).

DT Verdunningstunnel

De verdunningstunnel:

- moet een diameter hebben die klein genoeg is om turbulente stroom tweeweg te brengen (getal van Reynolds groter dan 4 000) en van voldoende lengte om volledige menging van het uitlaatgas met de verdunningslucht tweeweg te brengen. Er mag een mengrestrictie worden toegepast;
- moet een diameter van ten minste 460 mm hebben bij een systeem met enkelvoudige verdunning;
- moet een diameter van ten minste 210 mm hebben bij een systeem met dubbele verdunning;
- mag worden geïsoleerd.

Het uitlaatgas van de motor moet met de stroom mee gericht zijn op het punt waar het de verdunnings-tunnel betreedt, en grondig gemengd worden.

Bij enkelvoudige verdunning wordt een monster uit de verdunningstunnel overgebracht naar het deeltjesbemonsteringssysteem (punt 2.4, figuur 21). De stroomcapaciteit van de PDP of CFV moet voldoende zijn om het verdunde uitlaatgas op een temperatuur te houden die vlak voor het primaire deeltjesfilter kleiner dan of gelijk is aan 325 K (52 °C).

Wanneer dubbele verdunning wordt toegepast moet een monster uit de verdunningstunnel worden overgebracht naar de secundaire verdunningstunnel waar het verder wordt verdund en vervolgens door de bemonsteringsfilters wordt geleid (punt 2.4, figuur 22). De stroomcapaciteit van de PDP of CFV moet voldoende groot zijn om de verdunde uitlaatgasstroom in de DT op een temperatuur in het bemonsteringsgebied te houden die lager dan of gelijk is aan 464 K (191 °C). Het secundaire verdunningsstelsel moet voldoende secundaire verdunningslucht toevoeren om de tweemaal verdunde uitlaatgasstroom op een temperatuur te houden die vlak voor het primaire deeltjesfilter lager dan of gelijk is aan 325 K (52 °C).

DAF Verdunningsluchtfilter

Aanbevolen wordt de verdunningslucht te filteren en met koolstof te wassen om achtergrondkoolwaterstoffen te verwijderen. Op verzoek van de fabrikant mag de verdunningslucht op deskundige wijze worden bemonsterd om de achtergronddeeltjesniveaus te bepalen, die vervolgens kunnen worden afgetrokken van de gemeten waarden in het verdunde uitlaatgas.

PSP Deeltjesbemonsteringssonde

De sonde is het eerste stuk van de PTT en

- moet tegen de stroom in worden gemonteerd op een punt waar de verdunningslucht en het uitlaatgas goed vermengd zijn, d.w.z. in de hartlijn van de verdunningstunnel DT van de verdunningsstelsels, ongeveer 10 tunneldiameters voorbij het punt waar het uitlaatgas de verdunningstunnel betreedt;
- moet een minimumbinnendiameter van 12 mm hebben;
- mag verwarmd worden tot een maximumwandtemperatuur van 325 K (52 °C) door directe verwarming of door voorverwarming van de verdunningslucht, mits de luchttemperatuur niet hoger is dan 325 K (52 °C) voordat het uitlaatgas in de verdunningstunnel wordt geleid;
- mag worden geïsoleerd.

2.4. Deeltjesbemonsteringssysteem

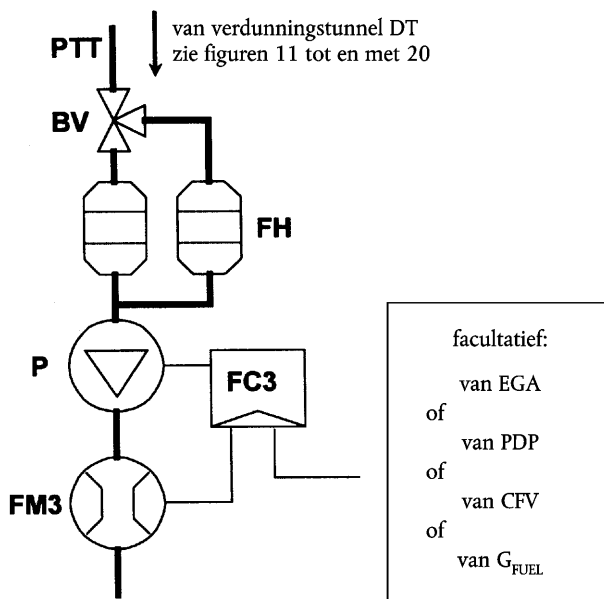
Het deeltjesbemonsteringssysteem moet de deeltjes met het deeltjesfilter opvangen. Bij totale bemonstering met partiële-stroomverdunning, waarbij het gehele verdunde uitlaatgasmonster door de filters wordt gevoerd, vormt het verdunnings- (punt 2.2, figuren 14 en 18) en het bemonsteringssysteem gewoonlijk één geheel. Bij deelbemonstering met partiële-stroomverdunning of volledige-stroomverdunning, waarbij slechts een deel van het verdunde uitlaatgas door de filters wordt gevoerd, zijn het verdunningsstelsel (punt 2.2, figuren 11, 12, 13, 15, 16, 17 en 19; punt 2.3, figuur 20) en het bemonsteringssysteem gewoonlijk gescheiden.

In deze richtlijn wordt het dubbele-verdunningsstelsel DDS (figuur 22) van een volledige-stroomverdunningsstelsel beschouwd als een specifieke variant van het in figuur 21 afgebeelde typische deeltjesbemonsteringssysteem. Het dubbele verdunningsstelsel omvat alle belangrijke onderdelen van het deeltjesbemonsteringssysteem, zoals filterhouders en bemonsteringspomp, en daarnaast een aantal verdunningskenmerken, zoals de verdunningsluchttoevoer en een secundaire verdunningstunnel.

Om eventuele effecten op de controlelussen te voorkomen, wordt aanbevolen de bemonsteringspomp gedurende de gehele test te laten werken. Bij de methode met één filter dient een omloopsysteem te worden toegepast om het monster op de gewenste tijden door de bemonsteringsfilters te voeren. Nadelige effecten op de controlelussen door het omschakelen moeten tot een minimum worden beperkt.

Figuur 21

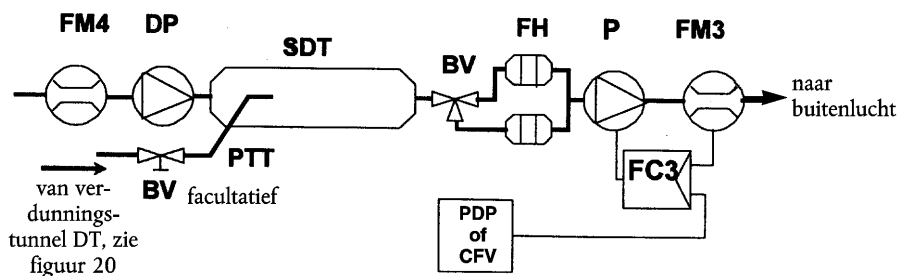
Deeltjesbemonsteringssysteem



Er wordt met behulp van de bemonsteringspomp P een monster van het verdunde uitlaatgas uit de tunnel DT van een partiële- of volledige-stroomverdunningsstelsysteem genomen via de deeltjesbemonsteringssonde PSP en de deeltjesverbindingsleiding PTT. Het monster wordt door de filterhouder(s) FH geleid die de deeltjesbemonsteringsfilters bevat(ten). De bemonsteringsstroom wordt geregeld door de stroomregelaar FC3. Indien elektronische stroomcompensatie EFC (zie figuur 20) wordt toegepast, moet de verdunde uitlaatgasstroom worden gebruikt als stuursignaal voor FC3.

Figuur 22

Dubbele-verdunningssysteem (alleen volledige-stroomsysteem)



Er wordt een monster van het verdunde uitlaatgas overgebracht vanuit de verdunningstunnel DT van een volledige-stroomverdunningsstelsysteem door de bemonsteringssonde PSP en de deeltjesverbindingsleiding PTT naar de secundaire verdunningstunnel SDT, waar het nogmaals wordt verdund. Het monster wordt vervolgens door de filterhouder(s) FH geleid waarin zich de deeltjesbemonsteringsfilters bevinden. De verdunningsluchtstroom is gewoonlijk constant, terwijl de bemonsteringsstroom wordt geregeld door de stroomregelaar FC3. Indien elektronische stroomcompensatie EFC (zie figuur 20) wordt toegepast, moet de totale verdunde uitlaatgasstroom worden gebruikt als stuursignaal voor FC3.

2.4.1. *Onderdelen van de figuren 21 en 22***PTT Deeltjesverbindingbuis (figuren 21 en 22)**

De deeltjesverbindingbuis moet zo kort mogelijk zijn, maar in ieder geval niet langer dan 1 020 mm. Voorzover van toepassing (d.w.z. bij stroomverduunningssystemen met deelbemonstering en bij volledige-stroomverduunningssystemen) is de lengte van de bemonsteringssonde (SP, ISP, PSP; zie punten 2.2 en 2.3) daarbij inbegrepen.

De afmetingen gelden voor:

- het stroomverduunningssysteem met deelbemonstering en het volledige-stroomsysteem met enkele verduunning vanaf de sondepunt (SP, ISP, respectievelijk PSP) tot aan de filterhouder;
- het partiële-stroomverduunningssysteem met totale bemonstering vanaf het eind van de verduunningstunnel tot aan de filterhouder;
- het volledige-stroomsysteem met dubbele verduunning vanaf de sondepunt (PSP) tot aan de secundaire verduunningstunnel.

De verbindingbuis:

- mag verwarmd worden tot een maximumwandtemperatuur van 325 K (52 °C) door directe verwarming of voorverwarming van de verduunningslucht, mits de luchttemperatuur niet hoger is dan 325 K (52 °C) voordat het uitlaatgas in de verduunningstunnel wordt geleid;
- mag geïsoleerd worden.

SDT Secundaire verbindingstunnel (figuur 22)

De secundaire verduunningstunnel moet een minimumdiameter van 75 mm hebben en lang genoeg zijn om een retentietijd van ten minste 0,25 seconden voor het tweemaal verdunde monster te realiseren. De primaire filterhouder FH moet zich op een afstand van maximaal 300 mm vanaf het uiteinde van de SDT bevinden.

De secundaire verduunningstunnel:

- mag verwarmd worden tot een maximumwandtemperatuur van 325 K (52 °C) door directe verwarming of voorverwarming van de verduunningslucht, mits de luchttemperatuur niet hoger is dan 325 K (52 °C) voordat het uitlaatgas in de verduunningstunnel wordt geleid;
- mag geïsoleerd worden.

FH Filterhouder(s) (figuren 21 en 22)

Voor primaire en secundaire filters mag gebruik worden gemaakt van één filterhuis of afzonderlijke filterhuizen. Er moet aan de voorschriften van bijlage III, aanhangsel 4, punt 4.1.3, worden voldaan.

De filterhouder(s):

- mag (mogen) verwarmd worden tot een maximumwandtemperatuur van 325 K (52 °C) door directe verwarming of voorverwarming van de verduunningslucht, mits de luchttemperatuur niet hoger is dan 325 K (52 °C) voordat het uitlaatgas in de verduunningstunnel wordt geleid;
- mag (mogen) geïsoleerd worden.

P Bemonsteringspomp (figuren 21 en 22)

De deeltjesbemonsteringspomp moet zich op voldoende afstand van de tunnel bevinden zodat de inlaatgastemperatuur constant wordt gehouden (± 3 K), indien geen stroomcorrectie door FC3 wordt toegepast.

DP Verduunningsluchtpomp (figuur 22)

De verduunningsluchtpomp moet zich op een zodanige plaats bevinden dat de secundaire verduunningslucht op een temperatuur van 298 K (25 °C) ± 5 K wordt toegevoerd, indien de verduunningslucht niet wordt voorverwarmd.

FC3 Stroomregelaar (figuren 21 en 22)

Er dient gebruik te worden gemaakt van een stroomregelaar om de deeltjesbemonsteringsstroom te regelen in verband met temperatuur- en tegendrukschommelingen op het bemonsteringstraject, indien geen andere middelen beschikbaar zijn. De stroomregelaar is verplicht indien elektronische stroomcompensatie EFC (zie figuur 20) wordt toegepast.

FM3 Stroommeter (figuren 21 en 22)

De gasstroom- of debietmeter moet zich op voldoende afstand van de bemonsteringspomp bevinden zodat de inlaatgastemperatuur constant blijft (± 3 K), indien geen gebruik wordt gemaakt van stroomcorrectie door FC3.

FM4 Stroommeter (figuur 22)

De gasstroom- of debietmeter moet zich op een zodanige plaats bevinden dat de inlaatgastemperatuur op 298 K (25 °C) ± 5 K wordt gehouden.

BV Kogelklep (facultatief)

De kogelklep moet een diameter van minimaal de binnendiameter van de deeltjesverbindingleiding PTT en een schakeltijd van minder dan 0,5 s hebben.

NB: Indien de omgevingstemperatuur in de buurt van PSP, PTT, SDT en FH onder 239 K (20 °C) ligt, moeten maatregelen worden genomen om te voorkomen dat deeltjesverliezen optreden op de koele wand van deze onderdelen. Derhalve wordt aanbevolen deze delen te verwarmen en/of te isoleren overeenkomstig de specificaties van de respectieve beschrijvingen. Eveneens wordt aanbevolen de filteroppervlaktemperatuur gedurende de bemonstering niet tot onder 293 K (20 °C) te laten dalen.

Bij hoge motorbelastingen mogen de bovenstaande delen op niet-agressieve wijze worden gekoeld, bv. met behulp van een circulatieventilator, zolang de temperatuur van het koelmiddel niet tot onder 293 K (20 °C) daalt.

3. ROOKWAARDEBEPALING**3.1. Inleiding**

De punten 3.2 en 3.3 en de figuren 23 en 24 bevatten een uitvoerige beschrijving van de aanbevolen opaciteitsmeters. Aangezien verschillende configuraties gelijkwaardige resultaten kunnen opleveren, hoeven de figuren 23 en 24 niet exact te worden gevolgd. Aanvullende onderdelen, zoals instrumenten, kleppen, elektromagneten, pompen en schakelaars mogen worden gebruikt om extra gegevens te verschaffen en de functies van deelsystemen te coördineren. Andere onderdelen, voorzover niet noodzakelijk om de nauwkeurigheid van bepaalde systemen te waarborgen, mogen worden weggelaten, indien dat technisch verantwoord is.

Voor de meting wordt licht over een bepaalde afstand door de te meten rook geleid. Het gedeelte van het invallende licht dat een ontvanger bereikt, is dan een maat voor de lichtabsorptie-eigenschappen van het medium. De opaciteitsmeting is afhankelijk van het ontwerp van de apparatuur en kan plaatsvinden in de uitlaatpijp (geïntegreerde volledige-stroomopaciteitsmeter), aan het uiteinde van de uitlaatpijp (achtergeschakelde volledige-stroomopaciteitsmeter) of door een monster van de uitlaatgassen aan de uitlaatpijp te nemen (partiële-stroomopaciteitsmeter). Voor de bepaling van de lichtabsorptiecoëfficiënt uit het opaciteitssignaal dient de optische weglengte van het instrument door de fabrikant van het instrument te worden vermeld.

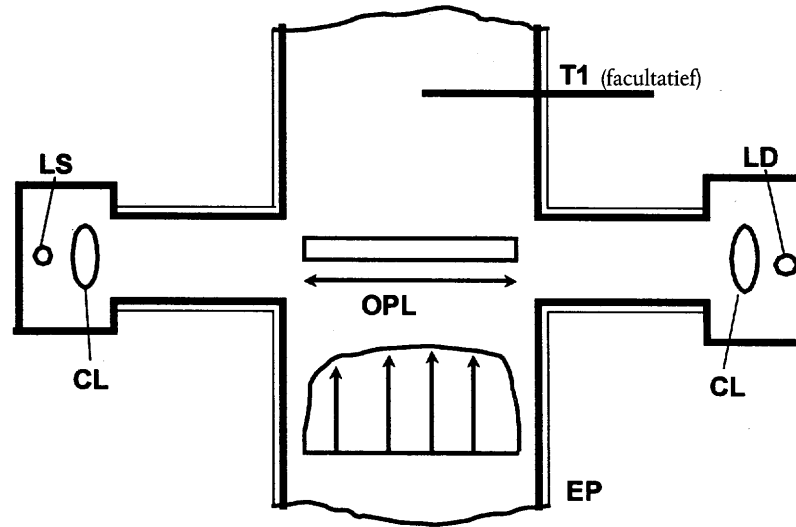
3.2. Volledige-stroomopaciteitsmeter

Er kunnen twee algemene typen volledige-stroomopaciteitsmeters worden gebruikt (figuur 23). Bij de geïntegreerde opaciteitsmeter wordt de opaciteit van de volledige uitlaatgasstroom in de uitlaatpijp gemeten. Bij dit type opaciteitsmeter is de effectieve optische weglengte een functie van het ontwerp van de opaciteitsmeter.

Bij de achtergeschakelde opaciteitsmeter wordt de opaciteit van de volledige uitlaatgasstroom gemeten op de plaats waar deze de uitlaatpijp verlaat. Bij dit type opaciteitsmeter is de effectieve optische weglengte een functie van het ontwerp van de uitlaatpijp en de afstand tussen het uiteinde van de uitlaatpijp en de opaciteitsmeter.

Figuur 23

Volledige-stroomopaciteitsmeter



3.2.1. Onderdelen van figuur 23

EP Uitlaatpijp

Bij een geïntegreerde opaciteitsmeter mag de diameter van de uitlaatpijp binnen een afstand van driemaal die diameter vóór en achter het meetgebied niet worden gewijzigd. Indien de diameter van het meetgebied groter is dan die van de uitlaatpijp, verdient het aanbeveling vóór het meetgebied een taps toelopende pijp te gebruiken.

Bij een achtergeschakelde opaciteitsmeter dient de laatste 0,6 m van de uitlaatpijp een cirkelvormige doorsnede te hebben en vrij te zijn van ellebogen en bochten. Het uiteinde van de uitlaatpijp dient haaks te zijn afgezaagd. De opaciteitsmeter wordt in het midden van de rookpluim gemonteerd binnen 25 ± 5 mm van het uiteinde van de uitlaatpijp.

OPL Optische weglengte

De lengte van het door de rook verduisterde optische traject tussen de lichtbron van de opaciteitsmeter en de ontvanger, zo nodig gecorrigeerd voor non-uniformiteit ten gevolge van dichtheidsgradiënten en rand-effecten. De optische weglengte dient door de fabrikant van het instrument te worden vermeld, waarbij hij rekening houdt met de maatregelen die zijn genomen om aanslag te voorkomen (bv. spoellucht). Indien de optische weglengte niet bekend is, dient deze te worden bepaald overeenkomstig ISO IDS 11614, punt 11.6.5. Voor de juiste bepaling van de optische weglengte moet het uitlaatgas een snelheid van ten minste 20 m/s hebben.

LS Lichtbron

De lichtbron is een gloeilamp met een kleurtemperatuur tussen 2 800 en 3 250 K of een groene lichtemitterende diode (LED) met een spectrale piek tussen 550 en 570 nm. De lichtbron dient tegen aanslag te worden beschermd op een wijze die de optische weglengte niet méér beïnvloedt dan toegestaan op grond van de specificaties van de fabrikant.

LD Lichtdetector

De lichtdetector is een fotocel of fotodiode (zo nodig voorzien van een filter). Indien de lichtbron een gloeilamp is, dient de spectrale gevoeligheid van de ontvanger te lijken op de lichtgevoeligheidskromme van het menselijk oog met een responsie die een maximum bereikt in het gebied tussen 550 en 570 nm en tot minder dan 4 % van dat maximum daalt onder 430 nm en boven 680 nm. De lichtdetector dient tegen aanslag te worden beschermd op een wijze die de optische weglengte niet méér beïnvloedt dat toegestaan op grond van de specificaties van de fabrikant.

CL Collimatorlens

Het opgevangen licht dient te worden gecollimeerd tot een bundel met een diameter van ten hoogste 30 mm. De lichtstralen van de lichtbundel dienen met een tolerantie van 3° parallel te lopen met de optische as.

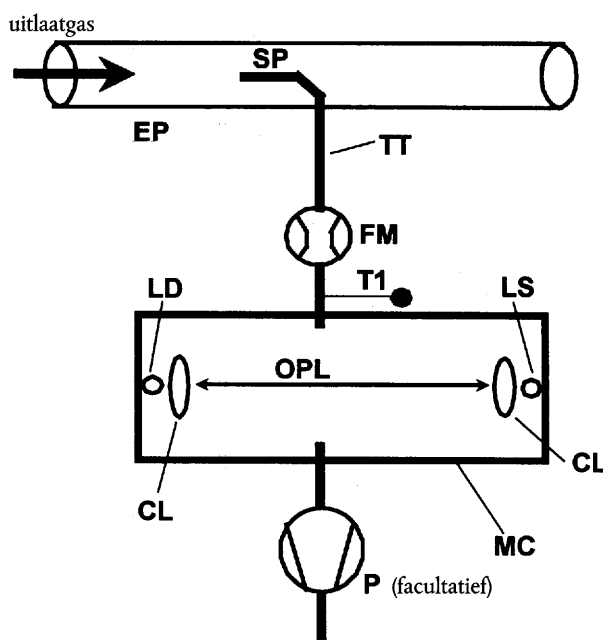
T1 Temperatuursensor (facultatief)

De temperatuur van het uitlaatgas mag tijdens de test worden gemeten.

3.3. Partiële-stroomopaciteitsmeter

Bij de partiële-stroomopaciteitsmeter (figuur 24) wordt in de uitlaatpijp een representatief monster van het uitlaatgas genomen. Via een verbindingbuis wordt dit naar de meetkamer geleid. Bij dit type opaciteitsmeter is de effectieve optische weglengte afhankelijk van het ontwerp van de opaciteitsmeter. De in het volgende punt bedoelde responsietijden hebben betrekking op de minimumwaarde van de stroom door de opaciteitsmeter, als opgegeven door de fabrikant van het instrument.

Figuur 24

Partiële-stroomopaciteitsmeter**3.3.1. Onderdelen van figuur 24****EP Uitlaatpijp**

De uitlaatpijp dient recht te zijn over een lengte van tenminste 6 pijpdiameters vóór en 3 pijpdiameters voorbij de punt van de meetsonde.

SP Bemonsteringssonde

De bemonsteringssonde dient een open buis te zijn met de opening tegen de stroom in gericht die op of vlakbij de hartlijn van de uitlaatpijp is geplaatst. De afstand tot de wand van de uitlaatpijp dient ten minste 5 mm te bedragen. De diameter van de sonde dient groot genoeg te zijn om een representatieve bemonstering mogelijk te maken en voor een voldoende hoge stroom door de opaciteitsmeter te zorgen.

TT Verbindingsbuis

De verbindingbuis moet:

- zo kort mogelijk zijn en voor een temperatuur van het uitlaatgas van 373 ± 30 K ($100 \text{ °C} \pm 30 \text{ °C}$) aan de ingang van de meetkamer zorgen;
- een wandtemperatuur hebben die ver genoeg boven het dauwpunt van het uitlaatgas ligt om condensatie te voorkomen;
- over de gehele lengte dezelfde diameter hebben als de bemonsteringssonde;

- een responsietijd van minder dan 0,05 s hebben bij de minimale stroom door het instrument, bepaald volgens bijlage III, aanhangsel 4, punt 5.2.4;
- geen merkbaar effect op de rookwaarde hebben.

FM Stroommeter

Stroommeter om de juiste waarde van de stroom in de meetkamer te bepalen. De minimum- en maximumwaarde van de stroom dienen door de fabrikant van het instrument te worden opgegeven. Zij moeten een zodanige waarde hebben dat aan de eisen ten aanzien van de responsietijd en de optische weglengte wordt voldaan. De stroommeter mag zich in de nabijheid van de bemonsteringspomp bevinden, voorzover die aanwezig is.

MC Meetkamer

De meetkamer dient een niet-reflecterende binnenwand of gelijkwaardige optische eigenschappen te bezitten. De invloed van strooilicht op de detector ten gevolge van interne reflecties of verstrooiing dient tot een minimum te worden beperkt.

De druk van het gas in de meetkamer mag niet meer dan 0,75 kPa van de luchtdruk afwijken. Waar dit in verband met het ontwerp niet mogelijk is, dient de aanwijzing van de opaciteitsmeter te worden gecorrigeerd voor de luchtdruk.

De wandtemperatuur van de meetkamer dient tussen 343 K (70 °C) en 373 K (100 °C) ± 5 K te liggen, maar in ieder geval ver genoeg boven het dauwpunt van het uitlaatgas om condensatie te voorkomen. De meetkamer dient te worden uitgerust met geschikte instrumenten voor de meting van de temperatuur.

OPL Optische weglengte

De lengte van het door de rook verduisterde optische traject tussen de lichtbron van de opaciteitsmeter en de ontvanger, zo nodig gecorrigeerd voor non-uniformiteit ten gevolge van dichtheidsgradiënten en randeffecten. De optische weglengte dient door de fabrikant van het instrument te worden vermeld, waarbij hij rekening houdt met de maatregelen die zijn genomen om aanslag te voorkomen (bijvoorbeeld spoellucht). Indien de optische weglengte niet bekend is, dient deze te worden bepaald overeenkomstig ISO IDS 11614, punt 11.6.5.

LS Lichtbron

De lichtbron is een gloeilamp met een kleurtemperatuur tussen 2 800 en 3 250 K of een groene lichtemitterende diode (LED) met een spectrale piek tussen 550 en 570 nm. De lichtbron dient tegen aanslag te worden beschermd op een wijze die de optische weglengte niet méér beïnvloedt dan toegestaan op grond van de specificaties van de fabrikant.

LD Lichtdetector

De lichtdetector is een fotocel of fotodiode (zo nodig voorzien van een filter). Indien de lichtbron een gloeilamp is, dient de spectrale gevoeligheid van de ontvanger te lijken op de lichtgevoeligheidskromme van het menselijk oog met een responsie die een maximum bereikt in het gebied tussen 550 en 570 nm en tot minder dan 4 % van dat maximum daalt onder 430 nm en boven 680 nm. De lichtdetector dient tegen aanslag te worden beschermd op een wijze die de optische weglengte niet méér beïnvloedt dat toegestaan op grond van de specificaties van de fabrikant.

CL Collimatorlens

Het opgevangen licht dient te worden gecollimeerd tot een bundel met een diameter van ten hoogste 30 mm. De lichtstralen van de lichtbundel dienen met een tolerantie van 3° parallel te lopen met de optische as.

T1 Temperatuursensor

Om de temperatuur van het uitlaatgas aan de ingang van de meetkamer tijdens de test te meten.

P Bemonsteringspomp (facultatief)

Achter de meetkamer mag een bemonsteringspomp worden gebruikt om het bemonsteringsgas door de meetkamer te zuigen.