



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 0119/88

(51) Int.Cl.5

F 23 L 9/02

(22) Indleveringsdag: 12 jan 1988

F 23 B 5/00

(24) Løbedag: 05 maj 1987

(41) Alm. tilgængelig: 12 jan 1988

(44) Fremlagt: 03 aug 1992

(86) International ansøgning nr.: PCT/SE87/00227

(86) International indleveringsdag: 05 maj 1987

(85) Videreførelsesdag: 12 jan 1988

(30) Prioritet: 12 maj 1986 SE 8602124

(71) Ansøger: Konstantin *Mavroudis; Goetgatan 91 B; S-116 62 Stockholm, SE

(72) Opfinder: SAMME

(74) Fuldmægtig: Hofman-Bang & Boutard A/S

(54) **Kedel til fast brændsel, forsynet med et organ til tilførsel af sekundær luft**

(56) Fremdragne publikationer

DK pat. nr. 22025

(57) Sammendrag:

119-88

Et organ til tilførsel af sekundær luft (10) til en kedel fyret med fast brændsel. Organet er udformet som en dobbeltvægget keglestub med indbyrdes gastæt forbundne vægoverflader. Den indre væg (11) er perforeret med et antal huller, gennem hvilke den opvarmede sekundære luft indføres i et rum (13) til pyrolytiske gasser i en blandezone ved hjælp af en elektronisk styret ventilator og passende placerede forbindelseskanalet (9). Den primære luft føres til en fluidiseret masse med en med regulering udstyret ventilator via en trykudligningskanal (15) og en ristoverflade (6) bestående af to sideriste (18) forsynet med ledeplader (19) til effektivisering af den sidste forbrændingsfase samt et lavere gitter (17.) Ved indstilling af den primære luft opretholdes gasificering af brændslet i det keramisk isolerede (3) primære gitter. Tilførsel af oxygen med den sekundære luft fører til antændelse af de pyrolytiske gasser i en åbning (12) i organet, som giver anledning til et sekundært forbrændingstrin (2), som er kendetegnet ved høj forbrændingseffektivitet og ekstremt lave emissioner.

fortsættes

119-88

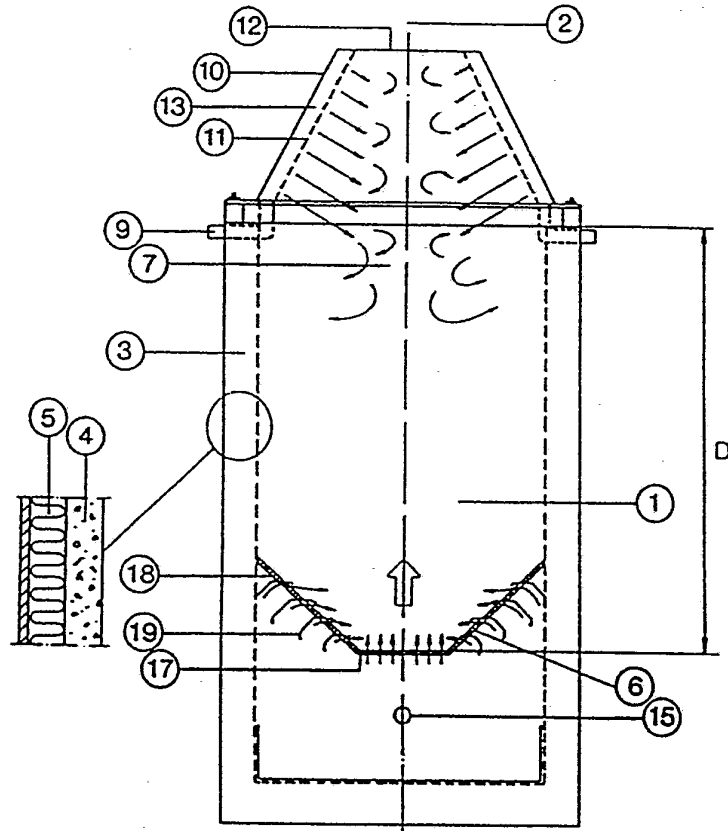


FIG. 1

Den foreliggende opfindelse angår kedler fyret med fast brændsel med høj forbrændings- og systemeffektivitet. Det høje emissionsniveau og den lave virkningsgrad, der optræder ved anvendelse af fast brændsel, har været en forhindring i forbindelse med overgangen fra olie til fast brændsel. Der er et klart behov for en passende kedel fyret med fast brændsel, som opfylder de strenge miljø- og varme krav.

Et fast brændsel, f.eks. træ i forskellige former, såsom store knuder, spåner, pellets eller tørv, adskiller sig fundamentalt fra olie i henseende til forbrændingsegenskaber. F.eks. brænder træ i to yderst forskellige faser: gasforbrændingsfasen og trækulfasen. Såvel emissioner som varme dannes og udsendes på to forskellige måder. I førstnævnte fase omdannes ca. 80% af brændselsmassen til gasser på relativt kort tid. Gasvolumenet og emissions-hastigheden for de flygtige materialer afhænger af en vigtig faktor, som er brændslets fugtighedsindhold. Store fugtighedsindhold fører til en langvarig gasforbrændingsfase. I en gængs kedel har det vist sig, at gasforbrændingsfasen er kritisk set fra et miljø- og varmeoverførings synspunkt. Der er mange fysiske og kemiske faktorer, som spiller en rolle under gasfasen og påvirker emissionsmønstret. Disse vil ikke blive omtalt her. Den vigtigste faktor i denne sammenhæng er lufttilførslen, som vil blive diskuteret i det følgende.

Sædvanligvis omfatter trækulfasen ca. 20% af den totale brændselsmasse, skønt forbrændingstiden rent faktisk kan være længere end forbrændingstiden for gasfasen. Trækulfasen er fordelagtig for emissionerne, især på grund af den jævne og ukomplicerede forbrænding. Alligevel skal risten være udformet korrekt til opretholdelse af en høj forbrændingseffektivitet.

Formålet med den foreliggende opfindelse er at tilvejebringe en kedel med effektiv forbrænding i henseende til miljø og effektivitet.

5 Dette formål opfyldes med kedlen, der er af den i den indledende del af krav 1 angivne art og som er ejendommelig ved det i krav 1's kendetegnende del angivne.

10 Særlige fordelagtige udførelsesformer for kedlen ifølge opfindelsen er angivet i kravene 2-6.

I det følgende forklares opfindelsen nærmere under henvisning til tegningen, hvor

15 fig. 1 viser konstruktionen af en forbrændingsenhed,

fig. 2 viser detaljer af den sekundære lufttilførsel,

20 fig. 3 viser hastigheden for emission af flygtigt materiale for 7,0 kg birk indeholdende 12 og 30% vand,

fig. 4 viser indstillingen af den sekundære luftstrøm ved afbrænding af tørt brændsel,

25 fig. 5 viser variationen i primær luft,

fig. 6 viser variationen i sekundær luft under anvendelse af fugtigt brændsel,

30 fig. 7 viser indstillingen af primær luft for fugtigt brændsel,

35 fig. 8 viser mængden af sod som funktion af mængden af brændsel, idet der blev gennemført forsøg med konstant luftstrøm og et brændsel med et fugtighedsindhold på ca. 12%,

fig. 9 viser konstruktionen af risten og kanalen til den primære luft,

5 fig. 10 viser beliggenheden og størrelsen af kanalen og fordelingsorganer til den primære luft,

fig. 11 viser konstruktionen af varmeveksleren, og

10 fig. 12 viser placeringen af varmeveksleren i forhold til forbrændingskammeret samt forbindelserne mellem varmeveksleren og olie- og gasbrændere.

Forbrændingen er baseret på det såkaldte to-trins princip. Dette betyder, at forbrændingen foregår i to adskilte kamre, et primært forbrændingskammer 1 og et sekundært forbrændingskammer 2. Det primære forbrændingskammer er keramisk isoleret med ildfaste sten 4 ind mod kammeret og med et siliciumbaseret isoleringsmateriale 5 af høj kvalitet. Den lave termiske konduktivitet af begge materialer ved forbrændingstemperaturen fører til ekstremt lave strålingstab fra forbrændingskammerets vægoverflade. Den primære luft føres til en fluidiseret masse 6 ved hjælp af en ventilator, der er styret af en mikroprocessor.

25 Den samlede brændselsmasse (7-12 kg store knuder, afhængigt af fugtighedsindholdet) og strømmingen af den primære luft indstilles, således at der fås substøkiometriske betingelser i det primære forbrændingskammer. Dette kan således betragtes som et pyrolysetrin, hvor de pyrolytiske gasser er kendetegnet ved et betydeligt oxygenunderskud og store niveauer for brændbare gasser, især carbonmonoxid og diverse carbonhydrider.

35 1 til 3 minutter efter antændingen i det primære forbrændingskammer bliver forbrændingstemperaturen tilstrækkeligt høj til at de pyrolytiske gasser bliver selvantændende i det sekundære forbrændingskammer, hvor der tilfø-

res supplerende oxygen med den sekundære luft. Den sekundære luft føres til en blandezone 7 af en ventilator 8 til sekundær luft via to kanaler 9 og et dobbeltvægget organ i form af en keglestub. De indre og ydre vægge er koncentriske og indbyrdes gastæt forbundet ved keglestubens top og basis langs hele top- og basis-periferien, d.v.s. ved både den store åbning til det primære forbrændingskammer og ved den mindre åbning i den afstumpede ende. Diameteren af sidstnævnte åbning bestemmes eksperimentelt, og det har vist sig, at den er vigtig i forbindelse med funktionen af det sekundære forbrændingstrin. Store diametre resulterer i forsinket eller utilfredsstillende antændelse, medens små diametre fører til høje hastigheder gennem hullet, hvilket medfører at flammen blæses ud eller, der forekommer pulserende forbrænding, d.v.s. skiftevis antændelse og slukning af flammen. Den indre væg er perforeret med et stort antal symmetrisk anbragte huller med en diameter på 3-5 mm.

På grund af det høje tryk, der genereres af ventilatoren til den sekundære luft, fås luftstråler med stor hastighed. Resultatet er en strømning af sekundær luft med højt tryk, der er rettet mod toppen af flammen, og som afbalancerer det af ventilatoren til den primære luft genererede tryk. Dette fører til en effektiv blanding af oxygenet og de brændbare gasser samt til en længere opholdstid for gasserne i forbrændingskammeret. Ved udmundingen af organet 12 brænder en lille gasflamme, hvis højde indstilles afhængigt af trykdifferencen mellem ventilatorerne til den sekundære og den primære luft.

Højden af flammen i det sekundære forbrændingskammer varierer normalt mellem 10 og 30 cm, afhængigt af mængden af brændsel og dets fugtighedsindhold. Volumen og højde af det sekundære forbrændingskammer vælges således, at flammen aldrig kommer i direkte kontakt med de vandkølede kedelvægge i konvektionsdelen.

Den dobbeltvæggede koniske udformning giver en anden vigtig fordel. På trods af det høje tryk, der hersker i rummet 13, har den sekundære luft en relativ lang opholdstid. Dette betyder, at den sekundære luft opvarmes betydeligt, før den deltager i forbrændingsprocessen. Herved fås hurtigere og lettere antændelse af de brændbare gasser samt desuden mere fordelagtige emissioner. På grund af den høje forbrændingstemperatur i det sekundære forbrændingskammer har man valgt varmebestandige materialer til ovennævnte del.

Ventilatoren til den sekundære luft er også elektronisk styret. Indstillingsværdierne bestemmes eksperimentelt, og de afhænger af mængden af brændsel (tilført energi) og dets fugtighedsindhold. Årsagen til indstillingen af den sekundære strøm er ønsket om at opretholde optimale betingelser for emissioner og effektivitet. Det er fremgået af forsøg under normale driftsbetingelser, at det optimale punkt ligger ved et carbondioxidindhold på ca. 18%. Dette resulterer følgelig i til en vis grad overstøkiometriske betingelser med et gennemsnitligt luftoverskud på ca. 20%.

I Fig 3 vises en typisk kurve for hastigheden for afgivelse af flygtigt materiale, dm/dt (kg/s), som funktion af forbrændingstiden, (min). Hastigheden for afgivelse af det flygtige materiale bestemmes ved vejning af brændselsmassen til forskellige tidspunkter. Forsøget gennemførtes under ensartede forbrændingsbetingelser. Disse parametre er blevet bestemt ved alle relevante driftsbetingelser, og de er fundamentale for tilvejebringelse af en optimal strømning, især en optimal strømning for den sekundære luft. Kurven i fig. 3 anvendes til beregning af det teoretiske oxygenbehov, som kræves til opretholdelse af fuldstændig forbrænding. Det til flammen tilførte oxygen, d.v.s. den sekundære luftstrøm, forøges med tiden, når der sker en forøgelse af det flygtige materiale. Det-

te vises skematisk i fig. 4 for den sekundære luftstrøm og i fig. 5 for den primære luftstrøm ved brænding af tørt brændsel. Ved anvendelse af fugtigt brændsel er der mindre emissioner, hvilket betyder, at der kræves mindre luft og færre justeringstrin. I fig. 6 og 7 vises luftjusteringen ved brænding af fugtigt brændsel.

Driften af kedlen ifølge opfindelsen og endog emissionerne er næsten uafhængige af brændslets fugtighedsindhold, men det har vist sig, at der fås optimal effektivitet og emission, når brændslet indeholder ca. 25% vand. Kedlens inducerede energi bestemmes af afstanden mellem den nederste del af organet, betegnet med D i fig. 1, og risten 6. For hver kedelstørrelse, d.v.s. en kedel med specificeret energi, er der en lavere grænse for mængden af luft krævet til optimal drift. Dette betyder, at efterbrændingstrinnet skal fungere for at emissionerne holdes nede.

I fig. 8 vises det, hvorledes soddannelsen varierer med forskellige mængder brændsel for en specifik kedelstørrelse (20-30 kW). Det fremgår heraf, at der ikke bør anvendes mindre end 6 kg brændsel. De andre emissioner, såsom carbonmonoxid og carbonhydrider udviser en tilsvarende opførsel. Årsagen hertil er, at antændelsen i det sekundære forbrændingskammer med små mængder brændsel er forsinket eller utilstrækkelig. For brændselsmængder mellem 6 og 10 kg fås tilfredsstillende forbrænding, hvilke viser, at produktionen kan indstilles indenfor et bredt interval.

Til tilvejebringelse af en effektiv forbrænding på risten skal såvel mængden som trykket af den primære luft være ens fordelt over hele overfladen uden påvirkning af askefjernelsen. Den primære luftkanal 15 er forsynet med en række udskæringer i form af riller 14, der er vinkelrette på kanalens længdeakse, og som forløber i en dybde på den

halve diameter. En ensartet luftfordeling over hver rille tilvejebringes ved hjælp af fordelingsorganer 16, der giver stigende indsnævring med stigende afstand fra luftforsyningsventilatoren. Indsnævringsgraden bestemmes delvis ved måling af tryktabet over fordelingsorganerne og delvis ved forsøg med røg, som indføres i forbrændingsluften.

Gitteret er konstrueret i 3 dele: et horisontalt basisgitter 17, nærmest ved luftforsyningskanalen og to sidegitre 18, hvis dimensioner, og især hældningsvinkel, α , er bestemt eksperimentelt.

Som tidligere bemærket er den primære luftforsyning af mindre vigtighed under gasforbrændingsfasen, men ikke under trækulforbrændingsfasen. Ved hjælp af de to skråtstillede sidegitre opsamles trækulsremanensen succesivt på det horisontale gitter. Ledeplader 19 på sidegitrene fører den primære luft til trækullet. Da trækulremanensen opsamles på det horisontale gitter, forøges tryktabet, og hovedparten af den primære luft vil passere gennem siderne. Den intense forbrænding af trækullet opretholdes således ved høj temperatur og høj carbondioxidkoncentration, hvilket favoriserer forbrændingseffektiviteten.

25 Varmeveksleren er udformet således, at varmeoverføringen kan udnyttes fuldstændigt under såvel gas- som kulforbrændingsfaserne. Når det sekundære forbrændingskammer er i anvendelse, foregår varmeoverføringen ved både konvektion og stråling, medens den hovedsagelig foregår ved konvektion i den sidste fase. Varmeveksleren er udformet således at den kan forsyne et enkelt hus med varmt vand (til både rumopvarmning og varmtvandsforsyning). Mængden af varmt vand bør være tilstrækkelig til én dag, endog ved de for dimensioneringen ansatte udendørstemperaturer. 35 Varmeveksleren er af den såkaldte gennemstrømningstype. Der er således kontinuerlig cirkulation af vand under en

forbrændingscyklus. Det opvarmede vand opbevares i en med varmeveksleren forbundet tank.

5 Den åbne cylindriske del af varmeveksleren 20 er anbragt over organet til indføring af sekundær luft. Herved dannes det tilsluttede sekundære forbrændingskammer 2, 25, således at forbrændingen kan opretholdes på effektiv vis. Strømningsforholdene mellem den primære og den sekundære luftstrøm indstilles således, at man undgår direkte kontakt mellem flammen og varmevekslerens overflader. Den 10 varme røggas passerer først gennem en række rør 21, hvorefter den føres ned gennem en række andre rør 22. Overfladen af varmeveksleren er udformet under anvendelse en matematisk model. Forbrændingstemperaturen i det sekundære forbrændingskammer er høj og særdeles afhængig af 15 mængden af brændsel, luftstrømmen og brændslets fugtighedsindhold. Med et relativt tørt brændstof kan temperaturen i det sekundære forbrændingskammer nå op på mere end 1200 °C. Af denne årsag er varmevekslerens overflade 20 temmelig stor. Dette er imidlertid en betingelse, hvis systemets effektivitet skal ligge på et fordelagtigt niveau.

Da kedlen skal kunne fyres med brændsel med varierende 25 varmeværdi og forbrændingsegenskaber, har man udviklet en automatisk indstilling af kedelvandet. Dette betyder, at der opretholdes optimal effektivitet under varierende driftsbetingelser. Den elektroniske styreenhed indstiller vandstrømmen ved indstilling af pumpehastigheden samt ved 30 hjælp af en temperaturføler i vandtilførselsrøret. Vandstrømningen gennem varmeveksleren bestemmes af temperaturen efter konvektionsdelen. Denne temperatur tilpasses til brændslets kvalitet, især således at man undgår kondensation på overfladen af varmeveksleren og røggaskanalen. Det opvarmede kedelvand opbevares i en tank med et 35 volumen, der er bestemt af bygningens varmebehov. Som tidligere bemærket er det imidlertid fordelagtigt kun at

fyre én eller måske to gange om dagen af hensyn til økonomi og bekvemmelighed. Tanken beskrives ikke her, idet den er af gængs konstruktion. Den kan naturligvis udstyres med elektrisk opvarmning, som kan anvendes ved lave varmeforbrug, eller når dette er økonomisk fordelagtigt. En fordel ved konstruktionen af kedlen med to separate enheder, d.v.s. varmeveksler og forbrændingskammer, består i, at varmeveksleren kan anvendes som en olie- eller gasfyret kedel. En oliebrænder 23 kan forbindes med varmeveksleren, som vist i fig. 12. Som bekendt bør røggas-temperaturen ved oliefyring ikke være mindre end ca. 200 °C efter konvektionsdelen. Med indstillingssystemet for kedelvandet kan dette imidlertid tilvejebringes uden vanskelighed ved indstilling af en passende værdi for vandets strømningshastighed.

Raffineret fast brændstof, såsom pellets (af træ eller tørv), briketter og spåner har været afprøvet ved tilslutning af et gængs doseringsorgan. Resultaterne indicerer, at såvel emissioner som effektivitet er bedre end ved forbrænding af knuder, især på grund af den kontinuerlige forbrænding.

For såvidt angår emissioner, skal det bemærkes, at den nationale svenske miljøbeskyttelseskomité har foreslået, at tjæreemissioner fra små enheder fyret med fast brændsel ikke bør overstige en grænseværdi på 10 mg/MJ. Forsøg gennemført under forskellige betingelser og driftsbetingelser indicerer, at dette krav kan opfyldes med kedlen ifølge opfindelsen. Under normal drift og med brændsel indeholdende 10-30% vand var tjäreniveauet måleligt i 5 ud af 10 forsøg og mindre end 5,0 mg/MJ, medens kondensatet i de øvrige tilfælde var fuldstændigt tjarefrit.

Sodkoncentrationen er sædvanligvis mindre end 50 mg/m³ tør røggas, hvilket svarer til en sodkvalitet på ca. 0,5 g/kg brændsel, jvnf. fig. 8. Denne værdi er betydeligt

lavere end det grænseniveau, som anbefales af den nationale svenske miljøbeskyttelseskomité. Niveauerne for carbonmonoxid og carbonhydrider er også lavt. Gennemsnitskoncentrationen af carbonmonoxid fra en fuldstændig forbrændingscyklus der mindre end 500 ppm. Det skal her bemærkes, at carbonmonoxid-niveauet under flammeforbrændingsfasen er mellem 100 og 150 ppm.

10

15

20

25

30

35

P a t e n t k r a v

5 1. Kedel til forbrænding af træ eller andet brændsel såsom spåner eller pellets i to trin og som er forsynet med et organ til tilførsel af sekundær luft, k e n d e t e g n e t ved, at organet til tilførsel af sekundær luft er udført i form af en i kedlen anbragt dobbeltvægget keglestub af stål eller andet varmebestandigt materiale, hvor den indre væg (11) er forsynet med et antal 10 gennemgående huller, den indre (11) og ydre væg (10) er indbyrdes gastæt forbundet ved keglestubbens top og basis langs hele top- og basisperiferien, idet det mellem den indre og ydre væg dannede rum (13) er udstyret med et 15 antal rørforbindelser (9) for tilførsel af sekundær luft via en mikrocomputerstyret ventilator (8) for opretholdelse af en i nogen grad over-støkiometrisk forbrænding og at der over åbningen (12) ved keglestubbens top er anbragt en plade med et centralt hul, der er lille sammenlignet med det oprindelige hul. 20

2. Kedel ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at hullerne i den indre væg (11) i organet til tilførsel af sekundær luft er symmetrisk fordelt over væggen overflade. 25

3. Kedel ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at hullerne i den indre væg (11) i organet til tilførsel af sekundær luft har en diameter på 3-5 mm. 30

4. Kedel ifølge krav 1, 2 eller 3, k e n d e t e g n e t ved, at organet til tilførsel af sekundær luft er anbragt direkte over den primære forbrændingsdel (1) og forseglet til kedlens indre væg, således at al gas fra den primære 35 ovn passerer gennem keglestubben i retningen fra dennes basis mod dennes top.

5. Kedel ifølge krav 1-4, k e n d e t e g n e t ved, at den sekundære forbrændingsdel (2, 25) med organet til tilførsel af sekundær luft er anbragt direkte i en i kedlen anbragt varmeveksler (20, 21, 22).

5

6. Kedel ifølge krav 1-5, k e n d e t e g n e t ved, at væggene op til organet til tilførsel af sekundær luft er fremstillet af stål og silicium-baseret ildfast materiale (5) indvendigt beklædt med ildfaste sten (4).

10

15

20

25

30

35

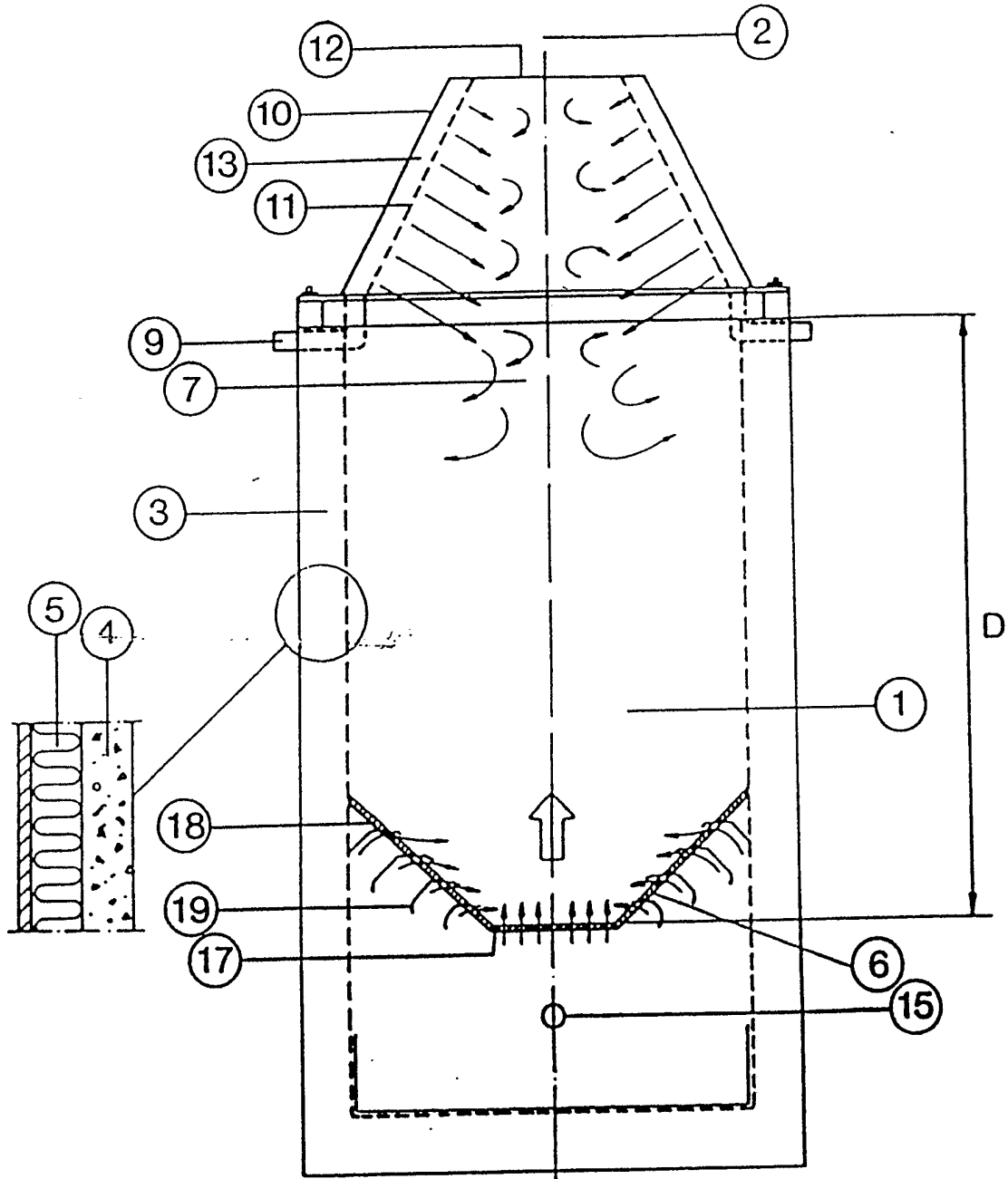


FIG. 1

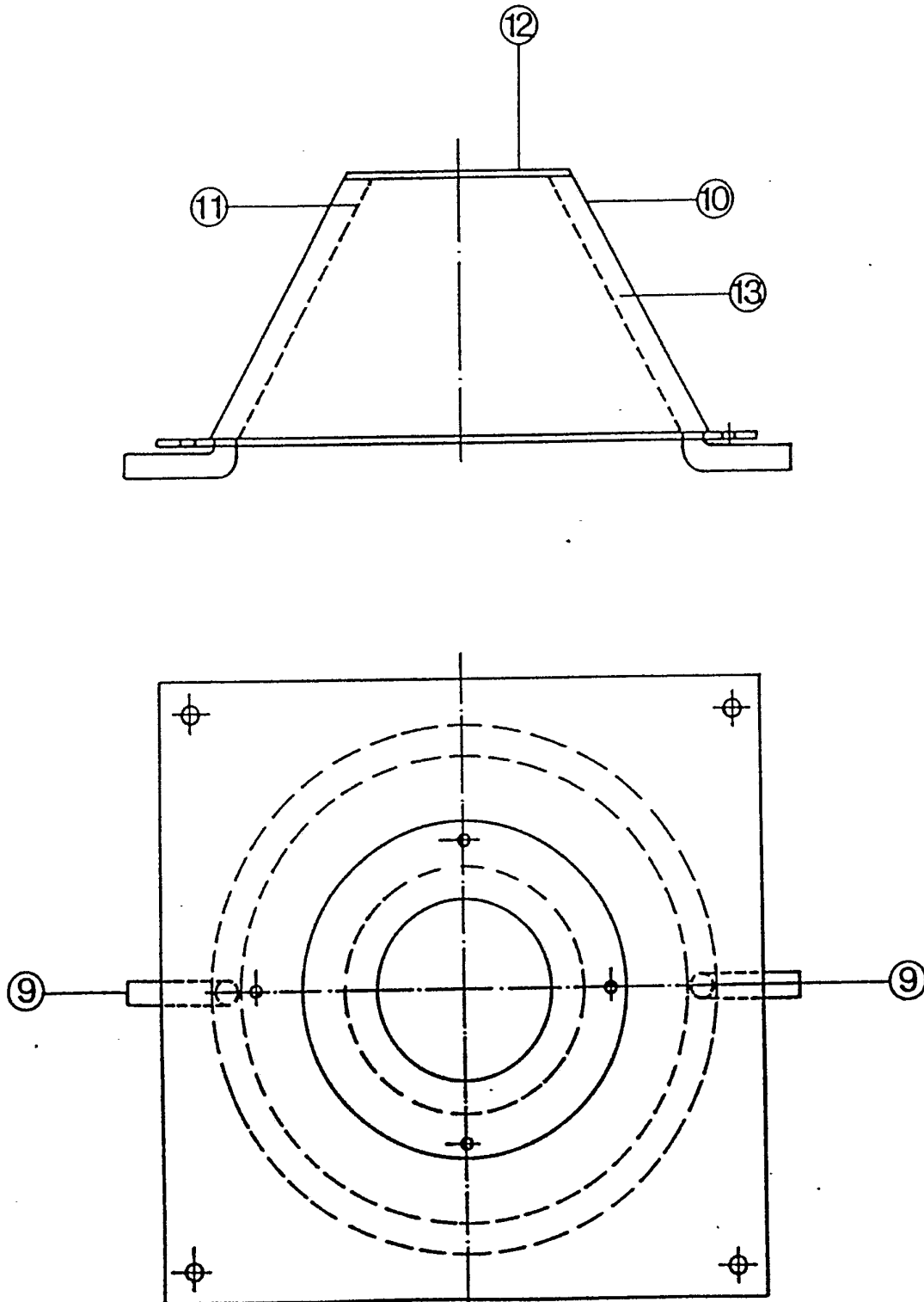


FIG. 2

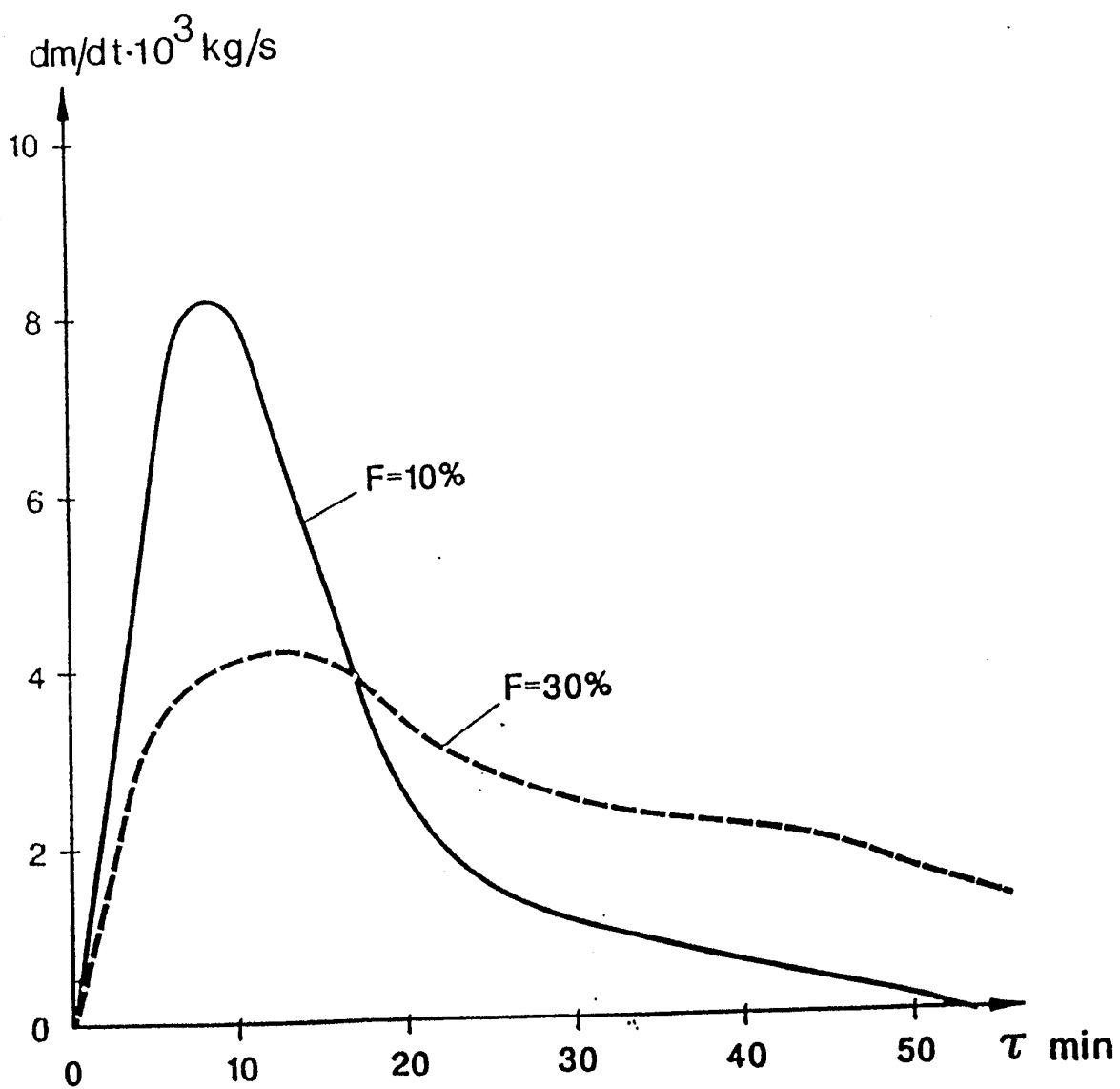


FIG. 3

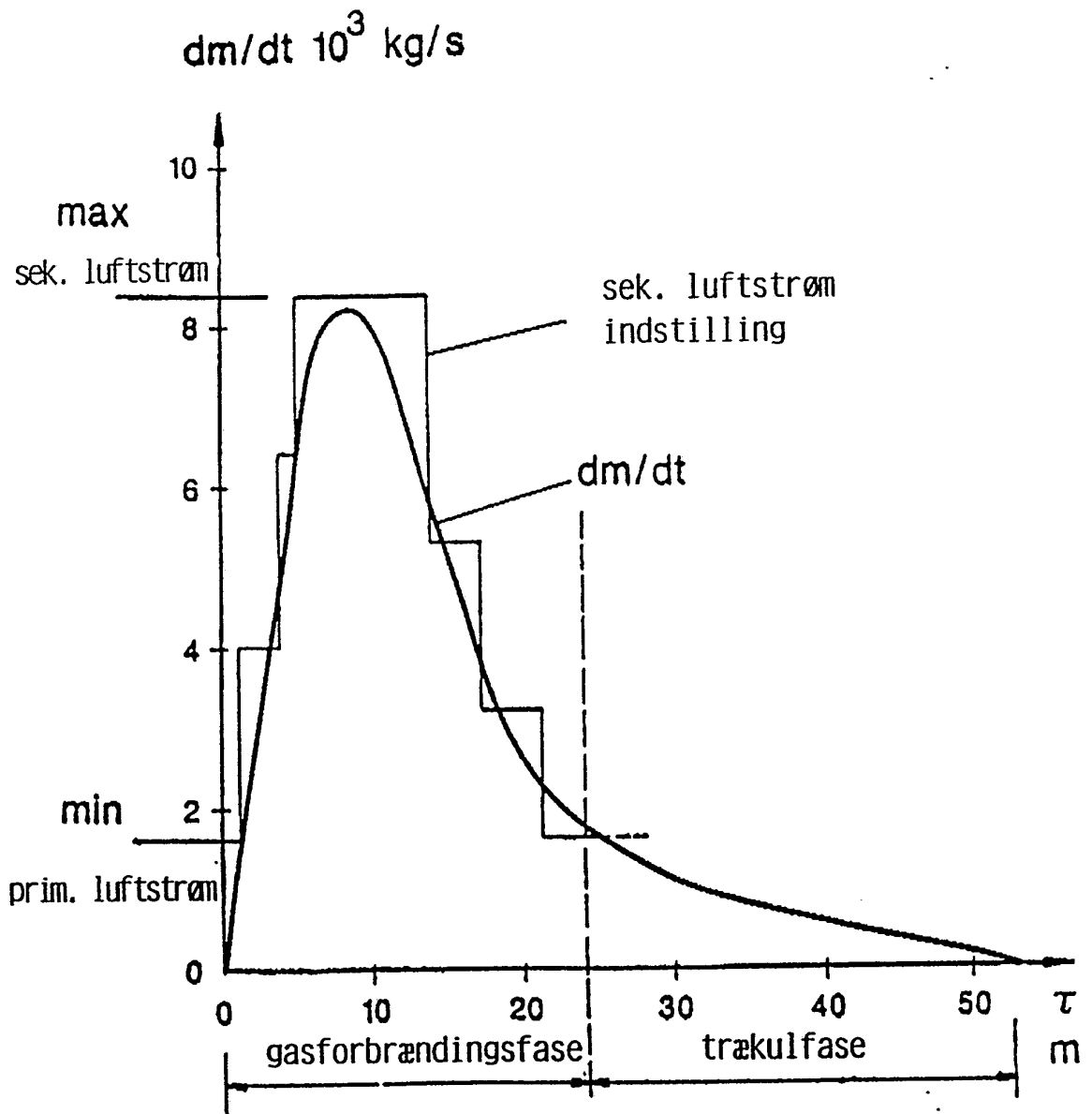


FIG. 4

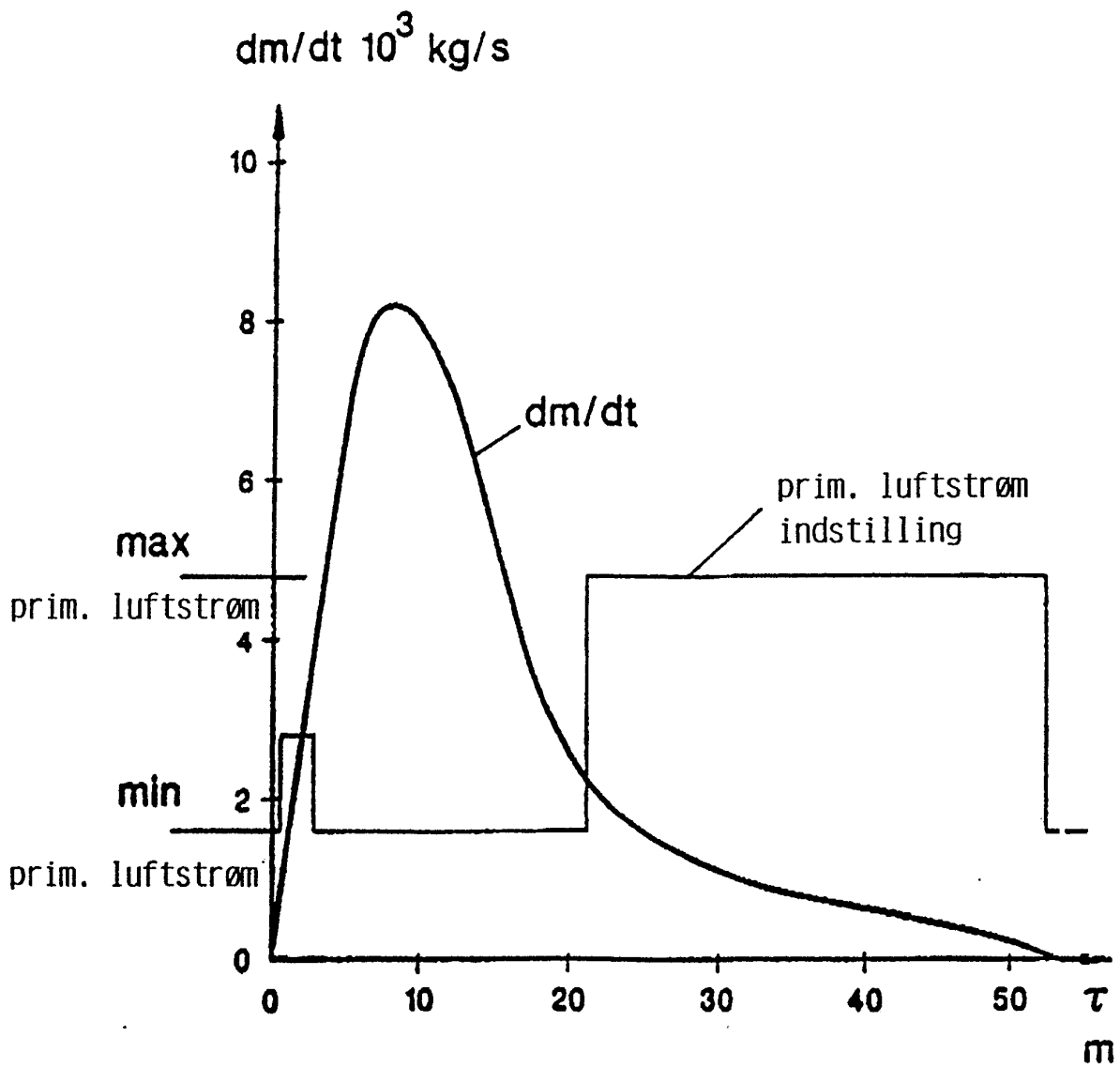


FIG. 5

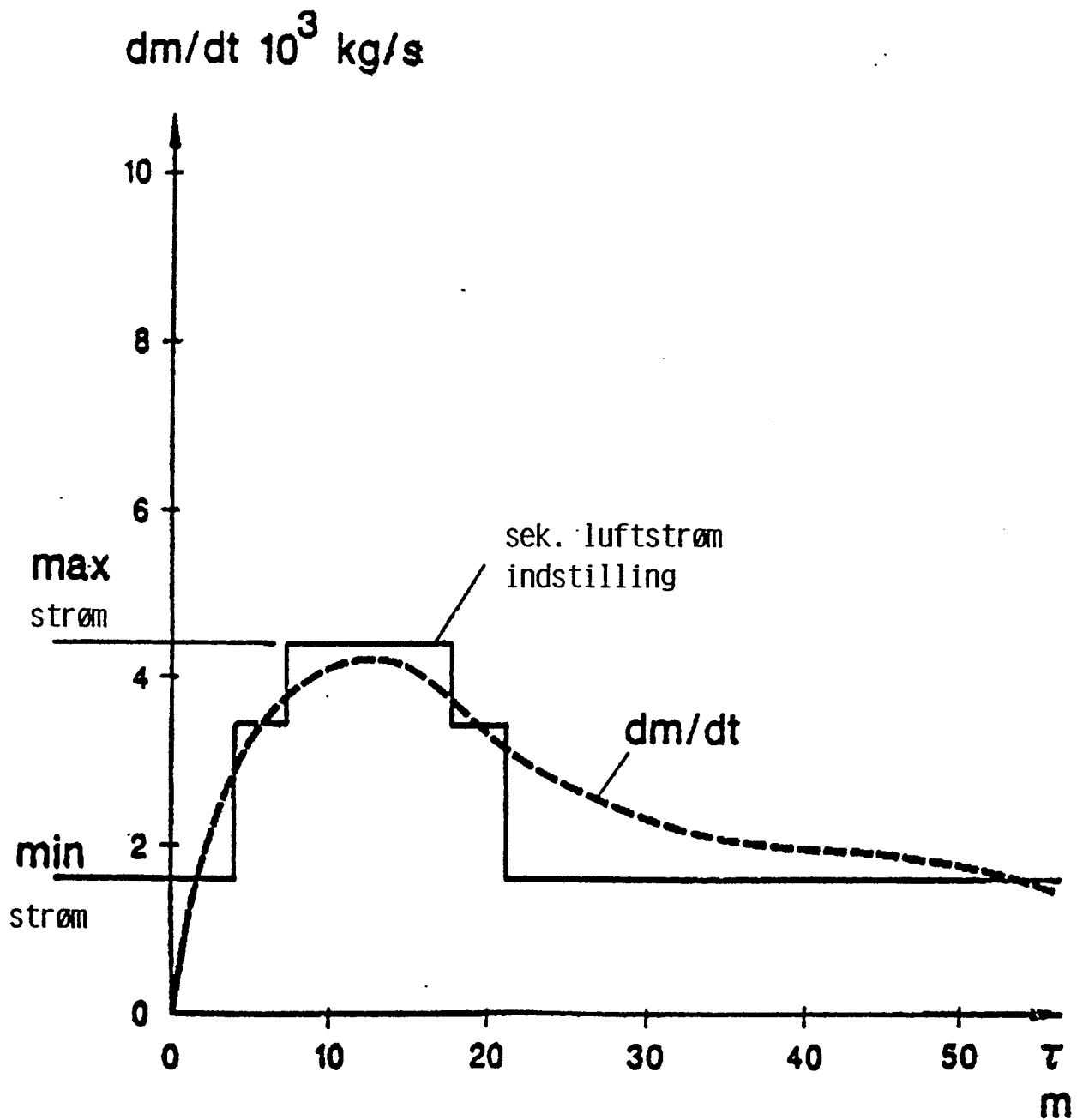


FIG. 6

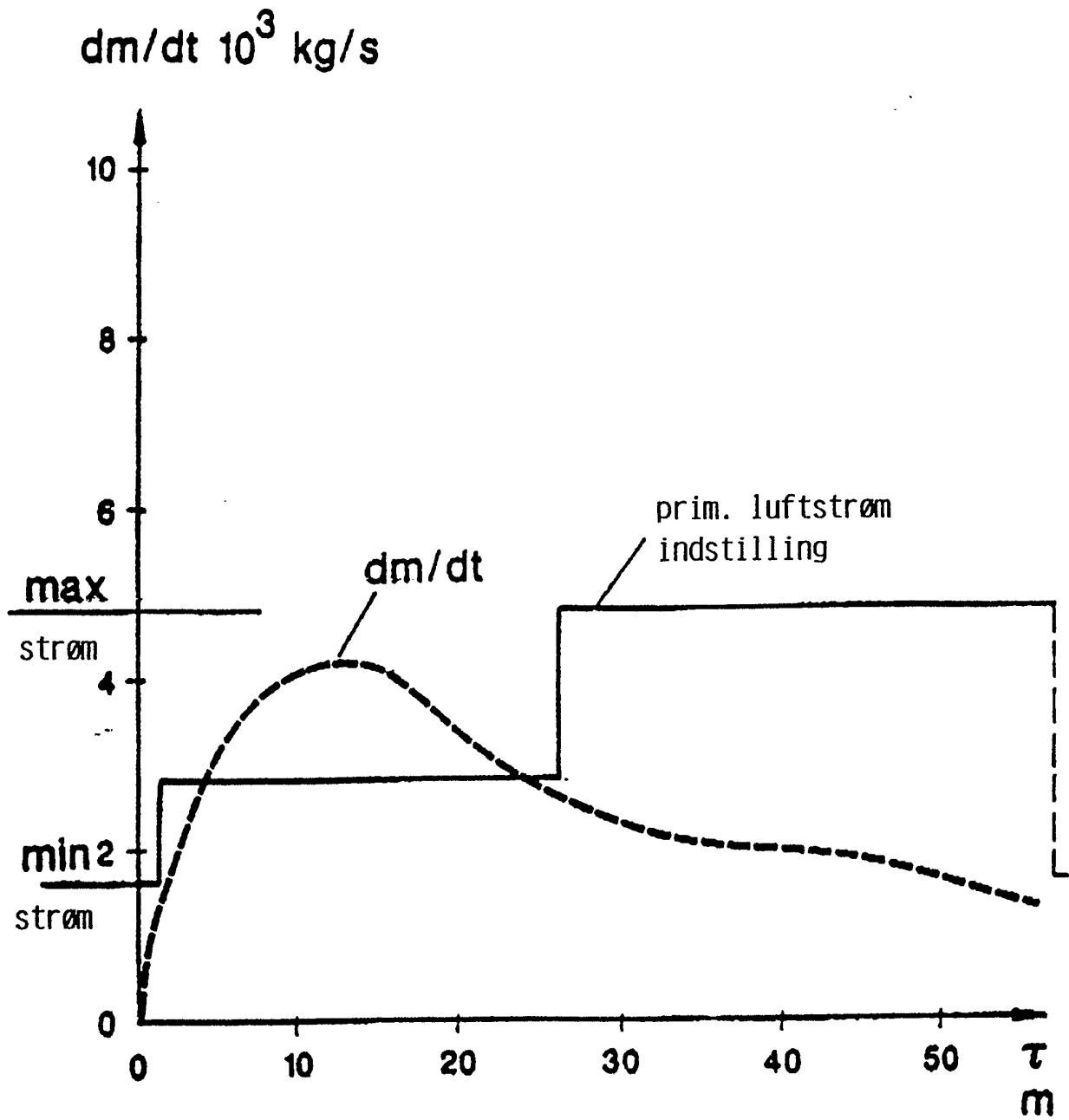
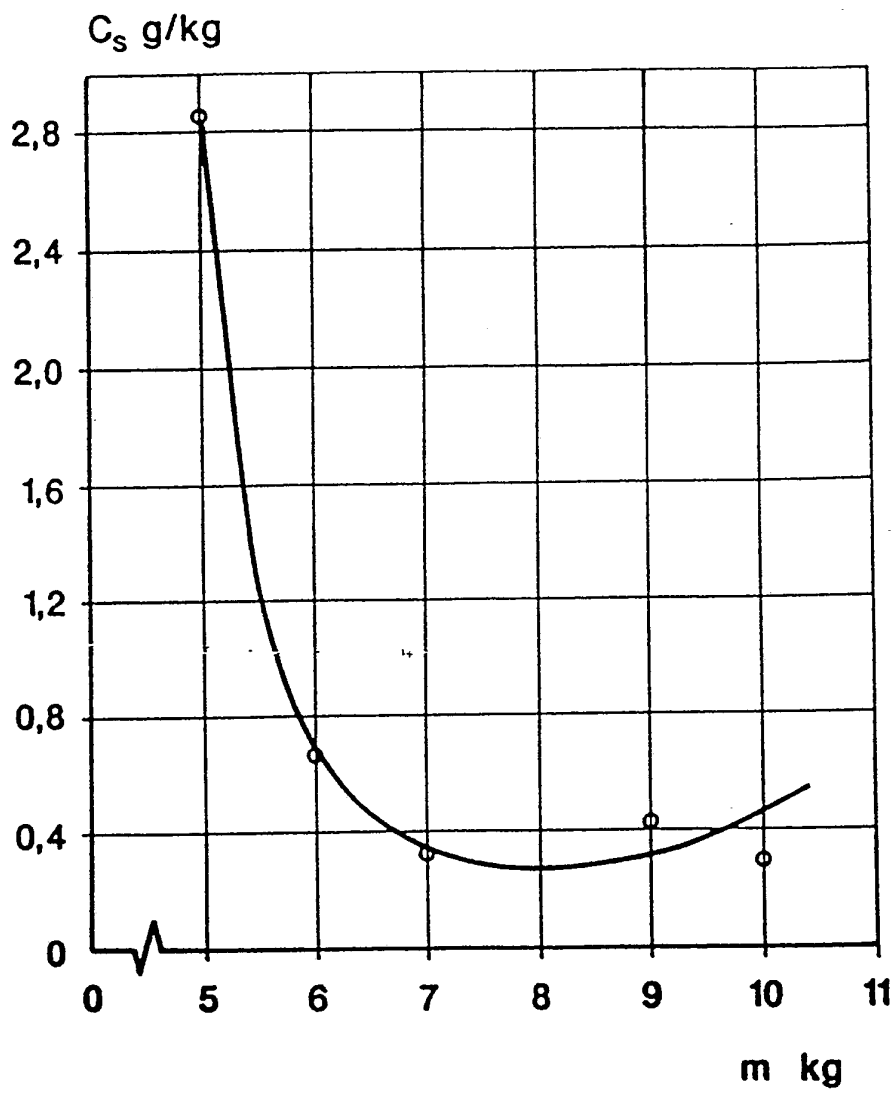


FIG. 7

*FIG. 8*

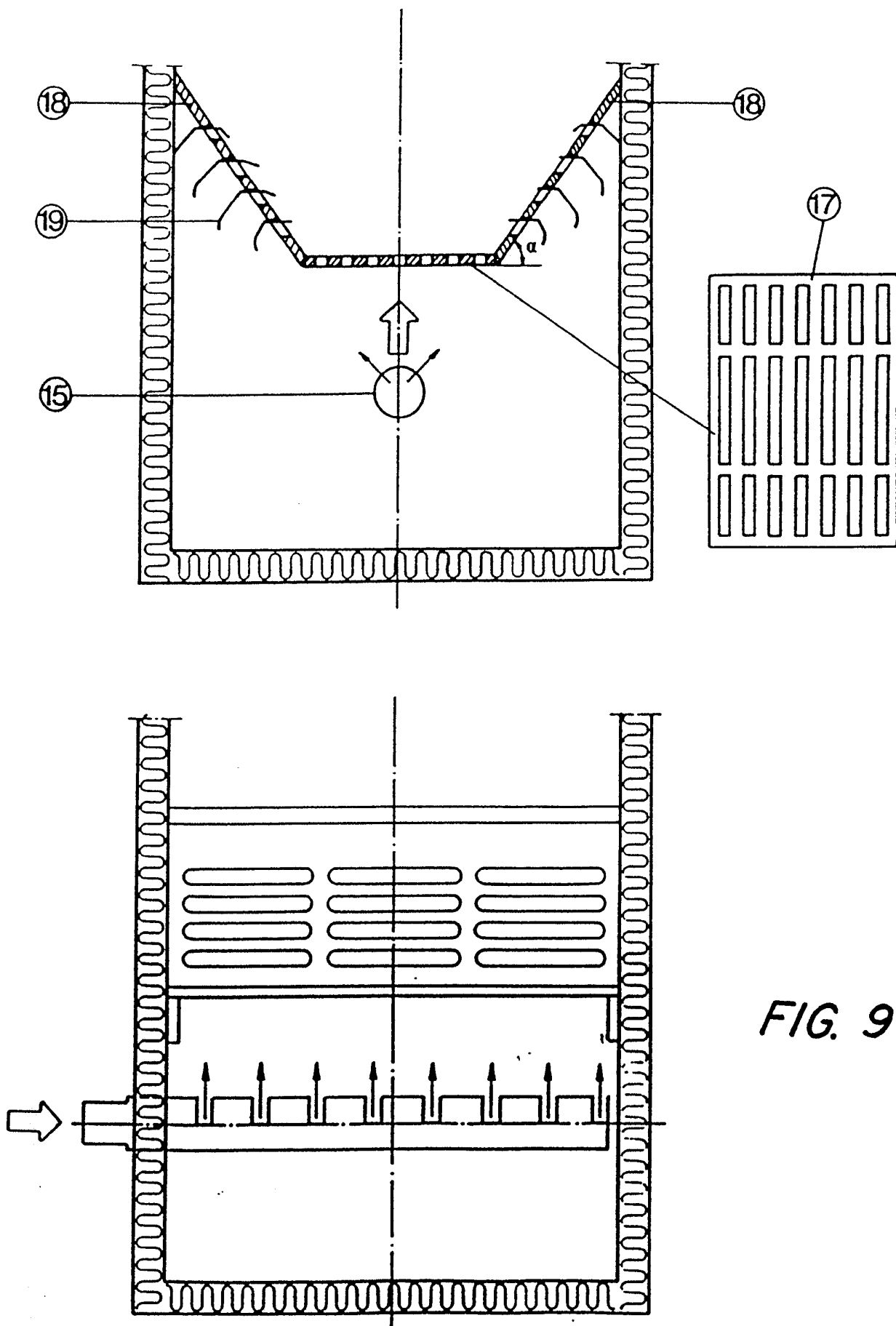


FIG. 9

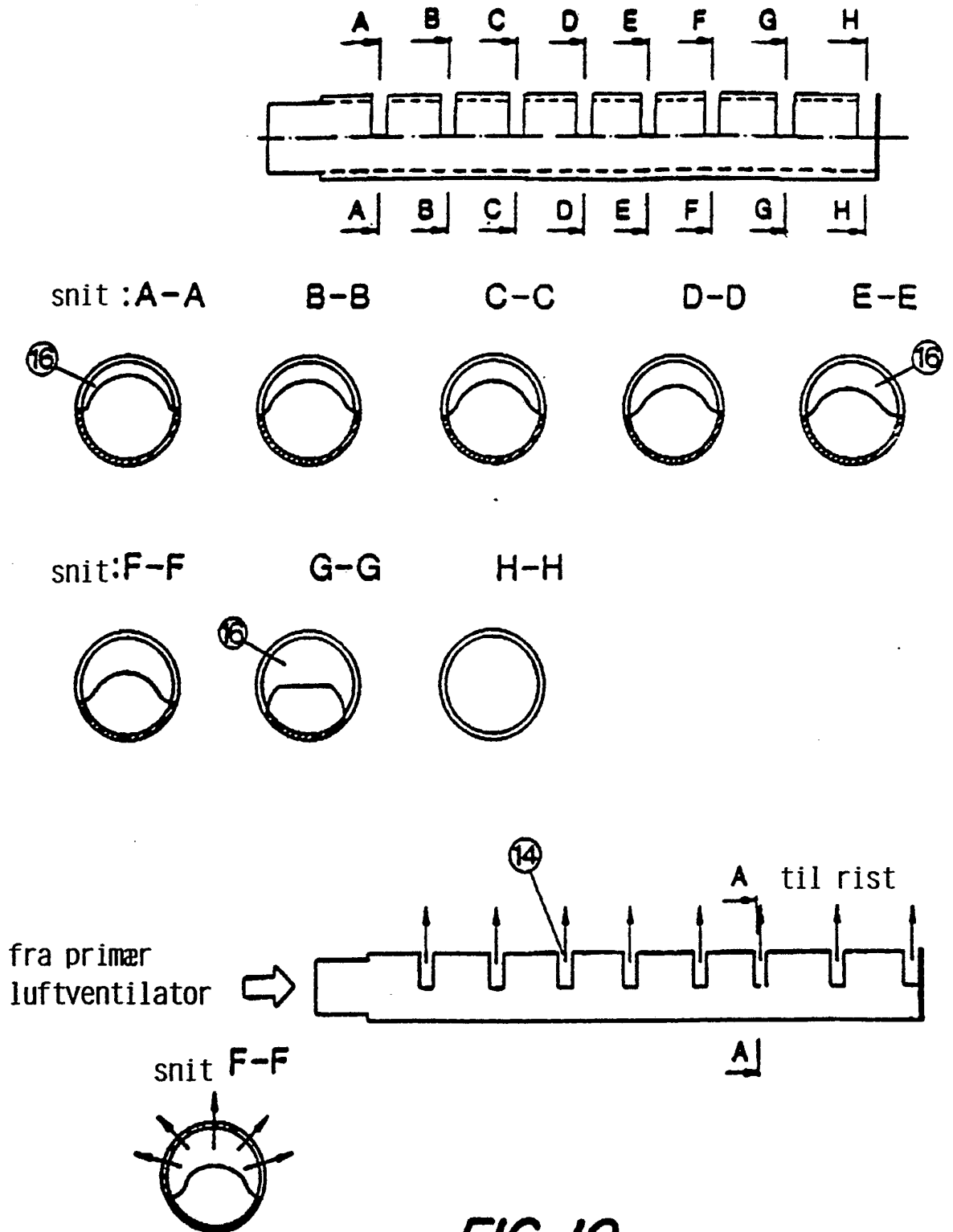


FIG. 10

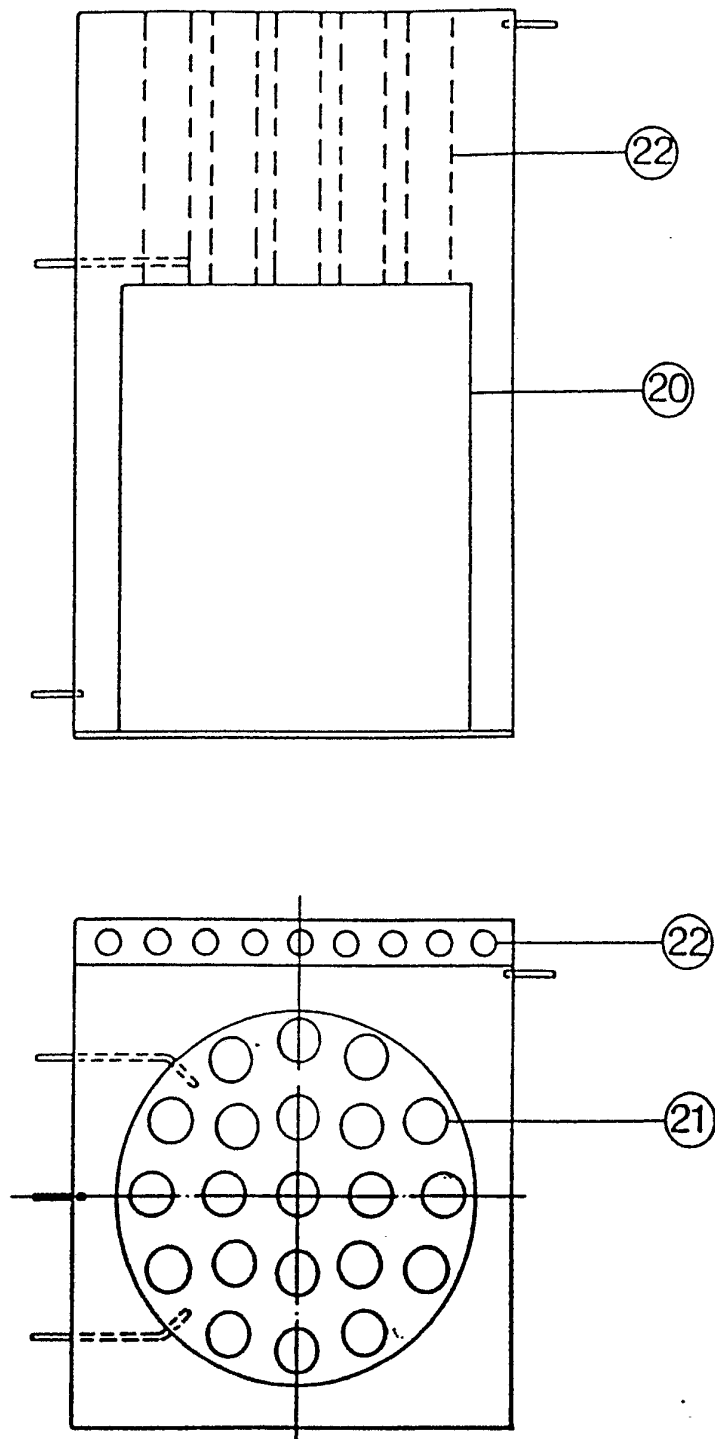


FIG. II

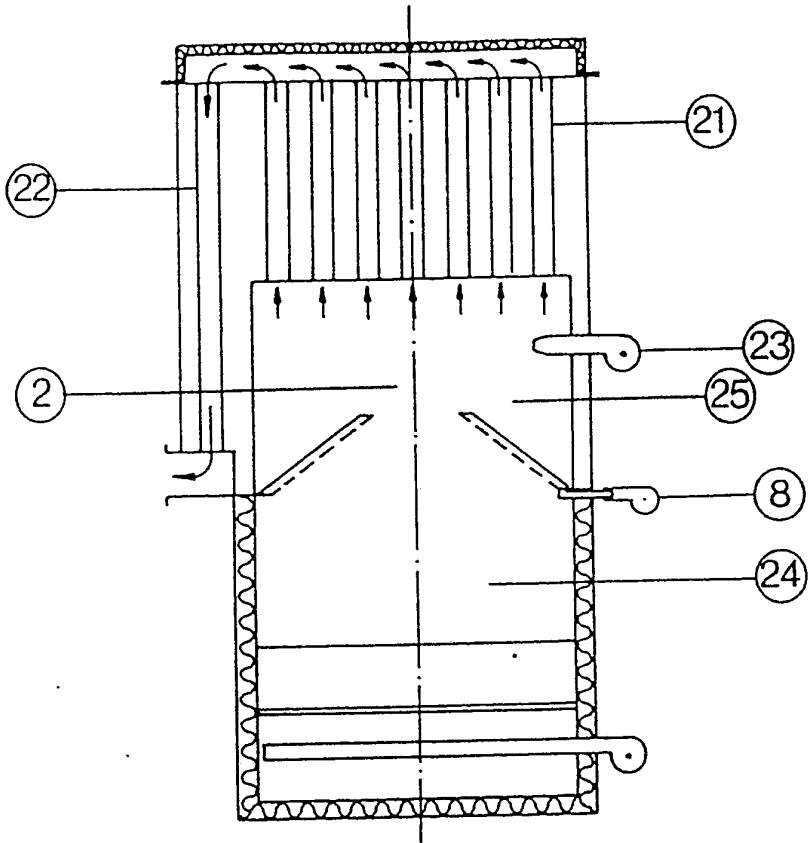


FIG. 12