

ENKELE OPMERKINGEN OVER MECHANISCHE VENTILATIE*

Ir. E. van Gunst

Wenst men de lucht in een vertrek waarin zich mensen bevinden fris te houden, dan dient luchtverversing plaats te vinden. Nu is fris een moeilijk begrip om mee te werken en bij gebrek aan beter gebruikt men doorgaans het CO₂-gehalte als criterium.

Wanneer CO₂ geproduceerd wordt in een geventileerde ruimte wordt na zekere tijd een bepaald evenwichtsniveau bereikt. Dit niveau zal afhankelijk zijn van de mate waarin geventileerd wordt. Ververst men meer dan zal het evenwichtspercentage lager komen te liggen. In figuur 1 is dit verband aangegeven.

De duur waarin het evenwichtsniveau bereikt wordt is alleen afhankelijk van de grootte van de ruimte en niet van de verversing. Heeft men per persoon een grotere ruimte ter beschikking dan zal het meer tijd kosten voordat het evenwicht bereikt is. Dit is vastgelegd in het onderste deel van figuur 1.

De concept-ontwerpnorm Ventilatie Van Woningen En Voor Tot Bewoning Bestemde Gebouwen gaat uit van 20 à 25 m³ per persoon om in een woning in de diverse kamers de toestand fris te houden. Men denkt daarbij aan een begrenzing van het CO₂gehalte tussen 0,1 en 0,15% en een tijd van 2 à 3 uur om dit niveau te bereiken.

Het is duidelijk dat deze verversing niet continu nodig is. De voorzieningen voor de ventilatie van een woning moeten zodanig zijn dat men, wanneer gewenst, deze hoeveelheden ter beschikking heeft.

Voor het bepalen van de benodigde ventilatie voor keukens, was- en badruimten en toiletten dient men van andere uitgangspunten uit te gaan dan voor kamers. Voor beide eerstgenoemde zal bijvoorbeeld het waarborgen van een voldoende vochtafvoer zeer belangrijk zijn. Bovendien moet in deze ruimten rekening worden gehouden met eventueel aanwezige gastoestellen, die een bepaalde hoeveelheid lucht voor de verbranding vragen.

In figuur 2 is aangegeven hoe in de concepttekst van de ontwerpnorm voor de ventilatie van woningen de eisen aan een aantal kamers en andere ruimten in de woning worden gegeven.

* Publ. 498 van het Instituut voor Milieuhygiene en Gezondheidstechniek TNO

Zou men voor de woonkamer nog van een aantal personen kunnen uitgaan en doorgaans wordt daarbij gedacht aan een aantal van 5, voor de slaapkamers wordt dit dubieus. Vandaar dat men hierbij denkt aan een eis per m^2 vloeroppervlak.

In de zojuist verschenen ontwerpnorm NEN 3661, EISEN VOOR GEVELELEMENTEN, wordt vastgesteld dat de luchtdoorlatendheid van ramen aan grenzen gebonden moet zijn. Onder alle omstandigheden zal niet meer dan $18 m^3$ lucht per uur per m^2 kier mogen optreden. Dit betekent dat onder onbeschutte omstandigheden strengere eisen moeten worden gesteld dan onder meer beschutte. Men heeft dit gevonden door voor de eerstgenoemde gevallen hogere toetsingsdrukken te vragen waarbij de genoemde $18 m^3$ pas doorgelaten wordt. In figuur 3 zijn deze eisen aangegeven en daarbij is berekend welke C-waarden dit voor de diverse categorieën betekent.

Deze eisen zijn gebaseerd op de gedachte dat door de kieren van ramen in gevels nooit zoveel lucht naar binnen of naar buiten mag kunnen stromen, dat een verstoring zou kunnen optreden van de ventilatiehoeveelheden zoals die geeist worden in de ontwerpnorm voor de ventilatie van woningen. Wordt dit bereikt, dan mag men stellen dat de ramen als "dicht" beoordeeld kunnen worden.

Dit houdt evenwel in, dat de gewenste luchtverversing alleen maar dan kan plaats vinden wanneer daarvoor speciale openingen in de gevel zijn ontworpen. Figuur 3 geeft daarom de eis die voor dergelijke openingen wordt gesteld in de Praktische Richtlijnen voor de Ventilatie van Woningen. Zowel voor natuurlijke als voor mechanische ventilatie moet per luchthoeveelheid van $1 m^3/s$ een netto oppervlak in de gevel aanwezig zijn van $1 m^2$, d.w.z. een luchtsnelheid in deze opening van $1 m/s$.

Luchtverversing in een woning kan zowel op natuurlijke als op mechanische wijze tot stand komen.

Figuur 4 geeft hiervoor een indeling in 4 categorieën. Daarbij is aangegeven een klasse-indeling in onvoldoende, voldoende, ruim voldoende en goed als oordeel van de normcommissie over de toepassing in verschillende gevallen van deze vier categorieën.

De natuurlijke ventilatie wordt hierbij alleen als voldoende geclassificeerd voor woongebouwen tot een hoogte van 13 m. Daarboven moet de natuurlijke ventilatie als onvoldoende gekarakteriseerd worden.

De reden hiertoe vindt men in de onvoldoende mogelijkheden die de verticale kanalen in deze omstandigheden bieden voor een gewaarborgde afvoer van de noodzakelijk geachte luchthoeveelheden uit de woning.

Naar de werking van deze verticale afvoerkanalen is een speciaal onderzoek ingesteld, waarvoor subsidie werd verkregen van de Stichting Bouwresearch. Op papier laat zich reeds berekenen, dat door de natuurlijke krachten in deze kanalen niet voldoende energie kan worden opgewekt om de wrijvingsweerstand die de gewenste hoeveelheden met elkaar zouden opleveren, te kunnen leveren. Dit betekent een te geringe afvoer. Daar komt nog een verschijnsel bij. De in de hoogbouw gebruikelijke gecombineerde ventilatiekanalen, d.w.z. een moederkanaal met per verdieping een eigen kanaal dat daarin uitkomt, worden sterk beïnvloed door het openen van ramen en deuren in woningen op diverse etages. Hierdoor is het gevaar van terugslag door deze kanalen niet denkbeeldig.

Speciaal de resultaten uit het genoemde onderzoek ten aanzien van deze terugslag zijn vermeld in figuur 5. De cijfers spreken voor zich zelf.

Een opmerking kan gemaakt worden ten aanzien van categorie B. De mechanische toevoer gecombineerd met de natuurlijke afvoer wordt voor woongebouwen boven de 13 m hoogte als onvoldoende gekwalificeerd. Dit vindt voornamelijk zijn oorzaak daarin, dat met deze voorziening de afzuigende werking van de verticale kanalen gemakkelijk overspeeld kan worden door bijvoorbeeld een geopend raam of een geopende deur. Deze toch zullen met hun veel geringere luchtweerstand dan een kanaal vrij spoedig als afvoer gaan werken. Het ziet er naar uit of het de risico van terugslag daardoor nog versterkt zal kunnen worden. De consequentie hiervan is dat de verdeling van het luchttransport over de woning daardoor in wanorde raakt. Keukengeuren kunnen zich hierdoor te gemakkelijk door de gehele woning verspreiden.

Bij de ventilatie van woningen is eigenlijk de distributie van het luchttransport over de woningen het meest kardinale punt. Zeker wanneer men centraal niet op een zeker zuigend effect van de ventilatiekanalen kan rekenen. Dan wordt deze distributie vrij spoedig verstoord.

Mechanische afvoer op de afzuigkanalen is daardoor een eerste benadering om tot betere en meer zekere luchtdistributie door de woning te komen.

Van de distributie van het luchttransport over de woning, zoals dat zich kan voordoen bij categorie C, natuurlijke toevoer en mechanische afvoer, worden in de volgende figuren enkele effecten gedemonstreerd.

Het gaat daarbij om een woningplattegrond waarvan de ventilatie in het ventilatie-analogon is gesimuleerd.

Op de plattegrond in figuur 6 is aangegeven hoe de verschillende vertrekken gesitueerd zijn. Bovendien is in deze vertrekken de hoeveelheid verse lucht ingeschreven die volgens de norm zou moeten worden toegevoegd.

In de gevels bevinden zich ramen en speciale ventilatie-openingen. Bij de ramen is aangenomen als luchtdichtheidswaarde voor de kieren een waarde van de coëfficiënt $C = 3$. In de woning zal de lucht zich verdelen door de kieren van de verschillende binnendeuren met $C = 15$ en voor de schuifdeur tussen woonkamer en keuken $C = 25$. Deze woning is bovendien uitgerust gedacht met een directe verbinding tussen de hal en het centrale ventilatiekanaal voor de sanitaire ruimten. Voorgaande experimenten hebben aangetoond dat een dergelijk kanaal de luchtverdeling in een woning ten goede komt.

In figuur 7 is de situatie getekend die zich zal voordoen wanneer de centrale ventilatiekanalen mechanisch worden afgezogen. Er is hier een toestand bewerkstelligd waarbij de optredende verversingen vrijwel overeenkomen met die welke de norm vraagt. Daartoe was het nodig gebruik te maken van de ventilatieopeningen in de gevels alsmede van het uitzetraampje in slaapkamer 1. Tengevolge van de centrale mechanische afzuiging zal door alle gevels lucht de woning binnenstromen. In dit voorbeeld is aangenomen een toestand zonder wind en een temperatuurverschil van 10° tussen binnen en buiten. Aangezien het geschetste geval een woning is op de tiende woonlaag, zal het effect van de natuurlijke trek hier vrij gering zijn.

Onder deze omstandigheden wordt door de woning een hoeveelheid van 291 m^3 lucht per uur getransporteerd. Deze wordt in de woning opgewarmd en daarna afgevoerd.

Het op een kier zetten van het raam in de keuken heeft gevolgen die figuur 8 laat zien. Langs één der wegen waarlangs de ventilator de lucht aanzuigt wordt op deze wijze de weerstand vrij drastisch verminderd. Dit zal tot gevolg hebben dat langs deze weg de aanzuiging sterk toeneemt, langs andere wegen daarentegen zal verminderen. De vermindering vindt kennelijk voornamelijk plaats langs de aanzuigweg via de woonkamer. De keuken zal nu meer lucht rechtstreeks door het op een kier gezette raam van buiten aantrekken in plaats van via de achterkamer. Het overige gedeelte van het huis ondergaat nauwelijks enige verandering. De totaalhoeveelheid ventilatie neemt iets toe en komt op rond 300 m^3 per uur.

Wat zal geschieden wanneer alle gevelopeningen, de ramen zowel als de ventilatie-openingen, worden gesloten geeft figuur 9.

Door vrijwel alle geveldelen wordt nu aanzienlijk minder lucht toegevoerd. Zoveel minder, dat de slaapkamers en de woonkamer een luchtverversing krijgen die sterk onder het door de norm gevraagde ligt.

Toch blijkt de totaal afgezogen luchthoeveelheid niet zo sterk te zijn verminderd, namelijk slechts tot 238 m^3 per uur.

Het blijkt dat de luchthoeveelheid die door de voordeur van de woning wordt aangezogen nu sterk vermeerderd is. De ventilator zal steeds de lucht langs de weg met de minste weerstand trachten aan te zuigen en op deze wijze komen dan "minste weerstanden" aan het licht. Bij het zien van deze figuur komt het verlangen naar voren, de voordeur goed luchtdicht uit te voeren.

Overigens rijst ook een vraag naar de verbinding tussen hal en ventilatiekanaal. Het blijkt dat ze onder deze condities voor de ventilator een weg met geringe weerstand vormt van het trappenhuis door de voordeur via hal naar de centrale kanalen. Bij afsluiting van dit kanaal zou de totaal hoeveelheid door de woning ongetwijfeld lager zijn geweest. Het kanaal dat zijn nuttigheid bewijst onder bepaalde condities, bijv. figuur 7 en 8, toont onder deze conditie de keerzijde van de medaille.

De figuren 7, 8 en 9 tonen de directe gevolgen van het toepassen van mechanische ventilatie.

Er zullen steeds de luchthoeveelheden worden aangezogen die de norm voor frisheid van de woning noodzakelijk vindt. Deze zijn vrij groot uit een oogpunt van zinnig gebruik van energie doch direct daarbij moet worden opgemerkt dat ze niet te allen tijde benodigd zijn en ook niet steeds alle tegelijk. De toepassing van mechanische ventilatie roept daarom met het oog op een zinnig gebruik van energie enkele neven-eisen op. In de eerste plaats die van een zeer bewuste kwaliteit van de woning ten aanzien van lekken en die van een bewust ontworpen regelbaarheid van de mechanische ventilatie. Zover zijn we in ons land nog niet. Het heeft vrij lang geduurd alvorens de mechanische afzuiging van verticale ventilatiekanalen in ons land toepassing vond. Daarvoor moest eerst uitdrukkelijk bewezen worden dat men met natuurlijke ventilatie via deze kanalen niet kan volstaan. Ten aanzien van energiebewust gebruik van dit middel komen nu de principiële vragen naar voren.

Bij het gebruik van de woning en van de mechanische ventilatie door de bewoner zullen bij het openen en sluiten van de diverse gevelopeningen en binnendeuren zeer verschillende omstandigheden optreden. De mechanische ventilatie zal

daarbij steeds de lucht aanzuigen langs de weg van de minste weerstand. Van de bewoner zal men niet of nauwelijks kunnen verwachten dat hij zich zal realiseren wat hij daarbij precies aan het doen is. Men zal hem derhalve uiterst moeilijk kunnen benaderen met dit probleem om hem aan te zetten tot een minimaal gebruik aan energie. De voorzieningen hiertoe zullen voor het allergrootste deel met de woning behoren te worden afgeleverd. Daarbij horen instructies die eenvoudig van opzet zijn, duidelijk te begrijpen en redelijk uit te voeren.

Terecht kan de vraag gesteld worden in hoeverre men het gestelde doel kan bereiken met continu werkende ventilatoren. Bij eengezinswoningen zal het zeker tot de mogelijkheden behoren dat de ventilator, wanneer deze niet nodig is, wordt uitgeschakeld. Indien het verticale ventilatiekanaal in deze toestand niet volledig is geblokkeerd, kan de woning ook met natuurlijke ventilatie ververst worden. Zij valt dan in de klasse voldoende volgens het ontwerp NEN 1087.

Het stopzetten van de ventilatoren in grote woongebouwen behoort niet tot de mogelijkheden. Wil men aan besparing doen, dan zal men in deze gebouwen dus volledig moeten kunnen rekenen op de regeling van de mechanische ventilatie en dus op de uitvoering van de woning en het aanwezig zijn van werkzame regelmogelijkheden in de aanzuigopeningen van de kanalen.

Wie bij de mogelijkheden voor de directe toekomst hierachter een vraagteken wenst te zetten, blijft nog slechts één richting van denken over en wel die van het terugwinnen van de warmte uit de afgewerkte lucht. In het buitenland is reeds gebleken dat dit een effectief middel is om energie te besparen. Wij zouden dus willen suggereren ook voor Nederland na te gaan hoe het hiermede gesteld is.

Komt de hele luchthuishouding in de woning onder controle dan is men de in figuur 4 bedoelde categorie D benaderd. Er zijn verschillende redenen waar- bij men kan gaan denken in de richting van een combinatie van verwarming en ventilatie. Toe te voeren ventilatielucht naar de woning zal in elk geval verwarmd moeten worden gedurende een groot gedeelte van het stookseizoen. Men kan dit doen met behulp van speciale voorzieningen. De stap naar een volledige luchtverwarming is dan nog slechts gering.

Er is nog een andere reden om in deze richting te denken. Bij het in de woning brengen van grotere hoeveelheden buitenlucht in het winterseizoen kan er niet aan voorbij worden gegaan dat deze lucht weinig vocht bevat. De wens naar bevochtiging zal steeds sterker worden en ook aan deze behoefte kan beter

worden voldaan wanneer men de luchtvoorziening van de woning als een geheel onder controle krijgt.

Gezien de bouwkundige uitvoering van onze woningen evenwel, moet er op gewezen worden dat deze nog van dien aard is dat in een aantal gevallen volledige beheersing van de luchthuishouding op diverse plaatsen kan stuklopen. Mede gezien de huidige situatie in ons land waarin mechanische afzuiging van de verticale kanalen meer en meer toepassing vindt, komt de vraag naar voren of het niet verstandiger is eerst na te gaan of het terugwinnen van warmte van de afgewerkte lucht al dan niet tot de realiseerbare mogelijkheden behoort.

MAX. TOEL. BY 5 UUR VERBLUF

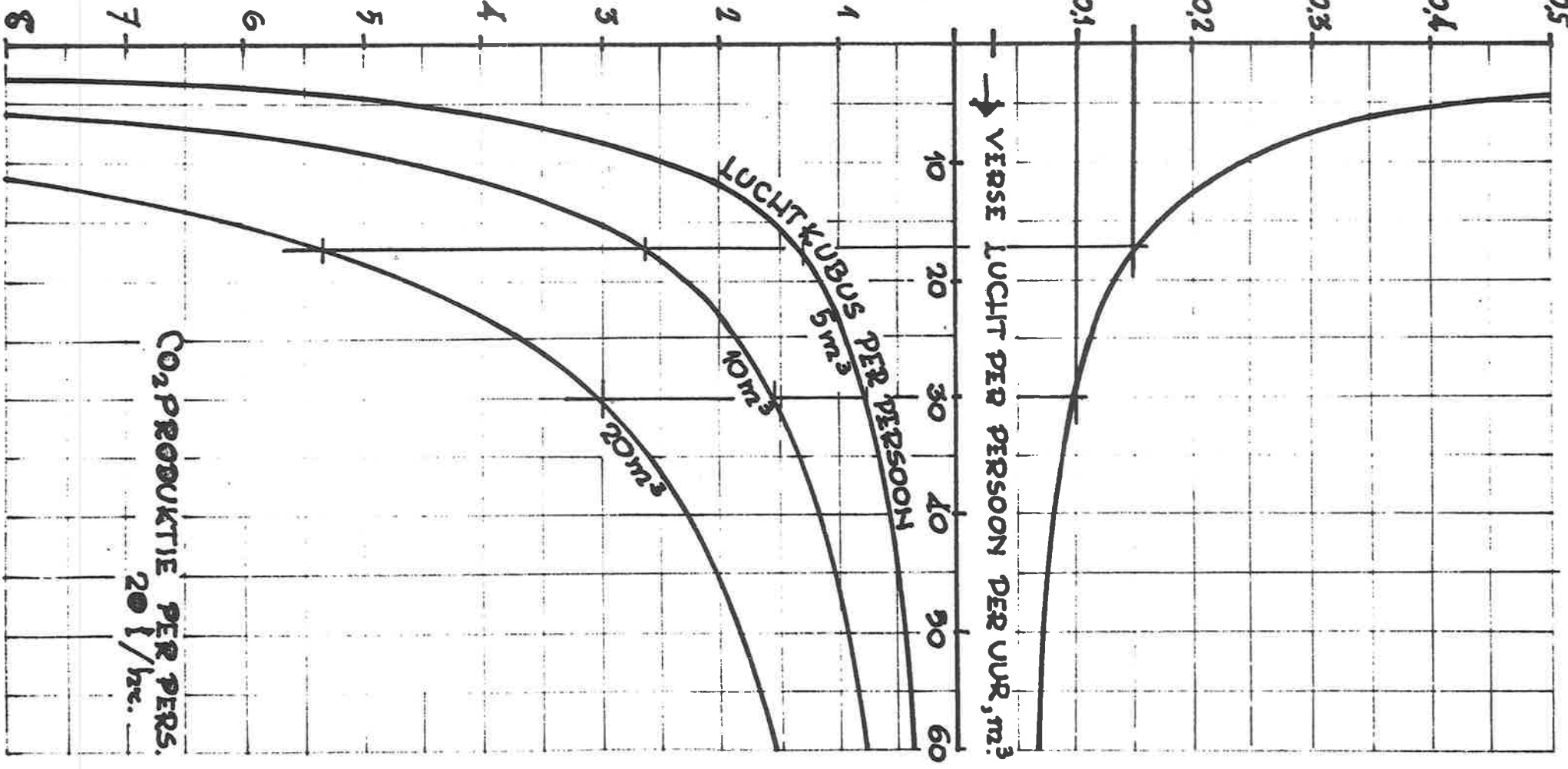
NOD TRIS

GEHALTE CO₂ BUITENLUCHT



EVENWICHTSCONCENTRATIE CO₂ IN %

TYD WAARIN 99% VAN EVENW.CONC. WORDT BEREIKT, IN UREN



CO₂ PRODUCTIE PER PERS. 20 l/hr.

VERTREK		GEWENSTE LUCHTHOEVEELHEID, M ³ PER UUR
WOONKAMER		TOTAAL VAN OVERIGE KAMERS 75 < LUCHTHOEVEELHEID < 150
OVERIGE KAMERS		5 PER m ² VLOER
KEUKEN	< 10 m ²	75
	> 10 m ²	100
BADRUIMTE WASRUIMTE		50
TOILET		25

ONTWERP
NEN 1087 : VENTILATIE VAN WONINGEN.

BEWEEGBARE DELEN IN GEVELS - GEVELELEMENTEN OVER MAX 2 VERDIEP.
 NIET : VOORDEUREN, DEUREN MET UTILIT. KARAKTER.

LUCHTDOOR- LATENDHEID.		BOVENKANT BOVENSTE GEVELELEMENT	TOETSINGS- DRUK	C-WAARDE $m^3/m^2 \cdot hr \cdot 1mm$ wk
5 l/s.m ² of 18 m ³ /hr.m ² .	BINNENLAND	- 15 m	15 mm wk	3,0
		- 40 "	20 "	2,4
		- 100 "	25 "	2,1
	KUST.	- 15 "	30 "	1,9
		- 40 "	35 "	1,7
		- 100 "	45 "	1,4

ONTW. NEN 3661 : EISEN VOOR GEVELELEMENTEN, APRIL 1974.

VENTILATIE-OPENINGEN IN GEVELS NATUURLYKE " MECHAN. VENTILATIE	NETTO 4 m ² per 1 m ³ /s. dwz. V = 4 m/s.
	WEERSTAND : < 4 mm wk - 4 m/s < 1 mm wk - 2 m/s

ONTW. NDR 1055 : VENTILATIE VAN WONINGEN.

	SYSTEEM	KLASSE, TOT 13 m HOOGTE.	KLASSE, BOVEN 13 m HOOGTE.
A.	NATUURL. VENTILATIE	VOLDOENDE	ONVOLDOENDE
B.	MECHAN. TOEVOER NATUURL. AFVOER	RUIM VOLDOENDE	ONVOLDOENDE
C.	NATUURL. TOEVOER MECHAN. AFVOER	RUIM VOLDOENDE	VOLDOENDE
D.	MECHAN. TOEVOER MECHAN. AFVOER	GOED	GOED

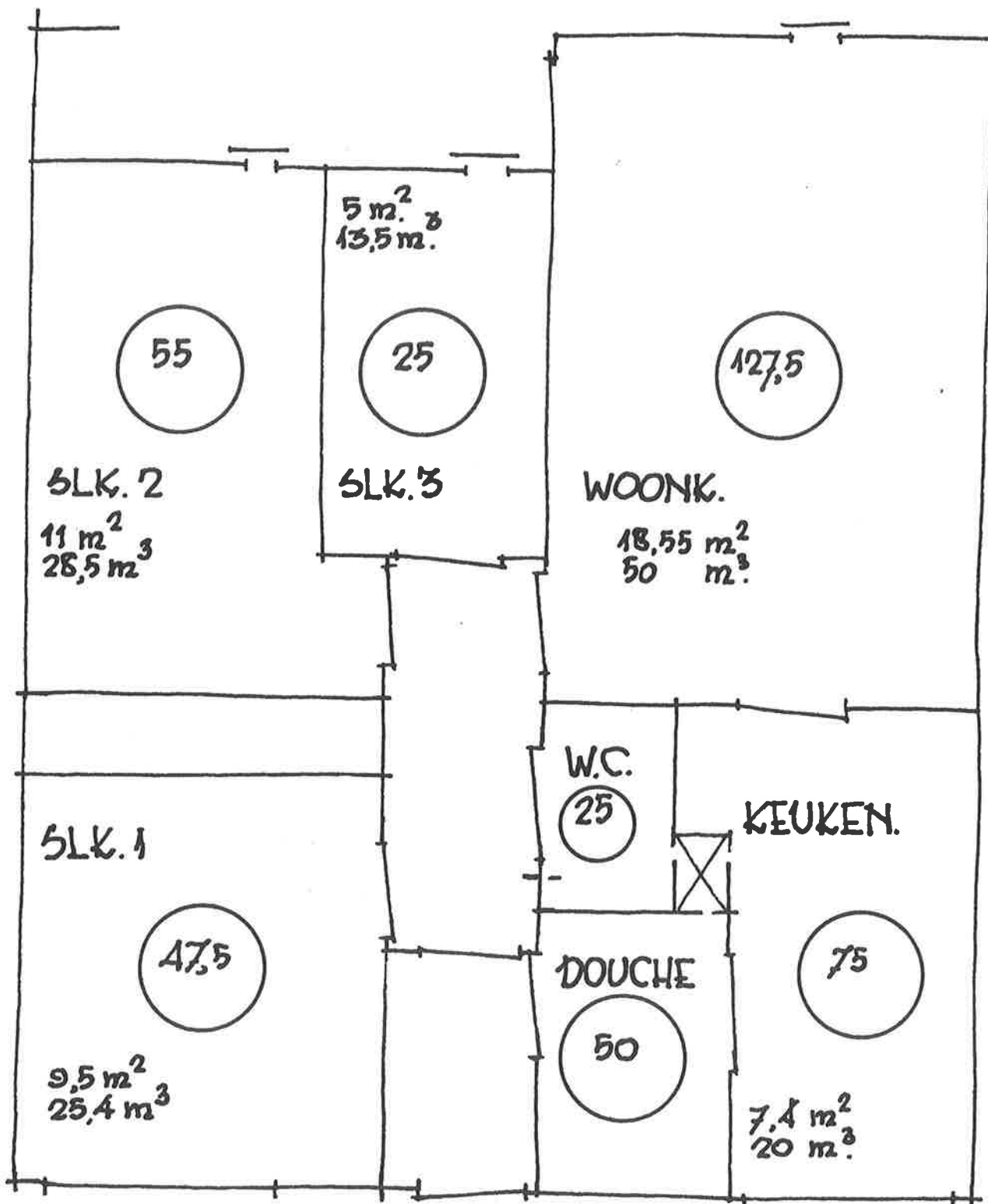
ONTW. NEN 1087 : VENTILATIE VAN WONINGEN.

TERUGSTROMING TRAD OP
 GEMIDDELD GEDURENDE
 TOT MAX. HOEVEELHEDEN VAN

NATUURLYKE VENTILATIE.			
HOOGBOUW. 10 WOONLAGEN.		MIDDELHOOGBOUW. 4 WOONLAGEN.	
AFZUIGKANALEN KEUKENS	AFZUIGKANALEN		
	KEUKENS	BADR.	TOILETTEN
IN ELK KANAAL.			
7% VAN DE TYD	0,25%	0,6%	0,4%
100 m ³ /hr	30 m ³ /hr.	30 m ³ /hr.	30 m ³ /hr.

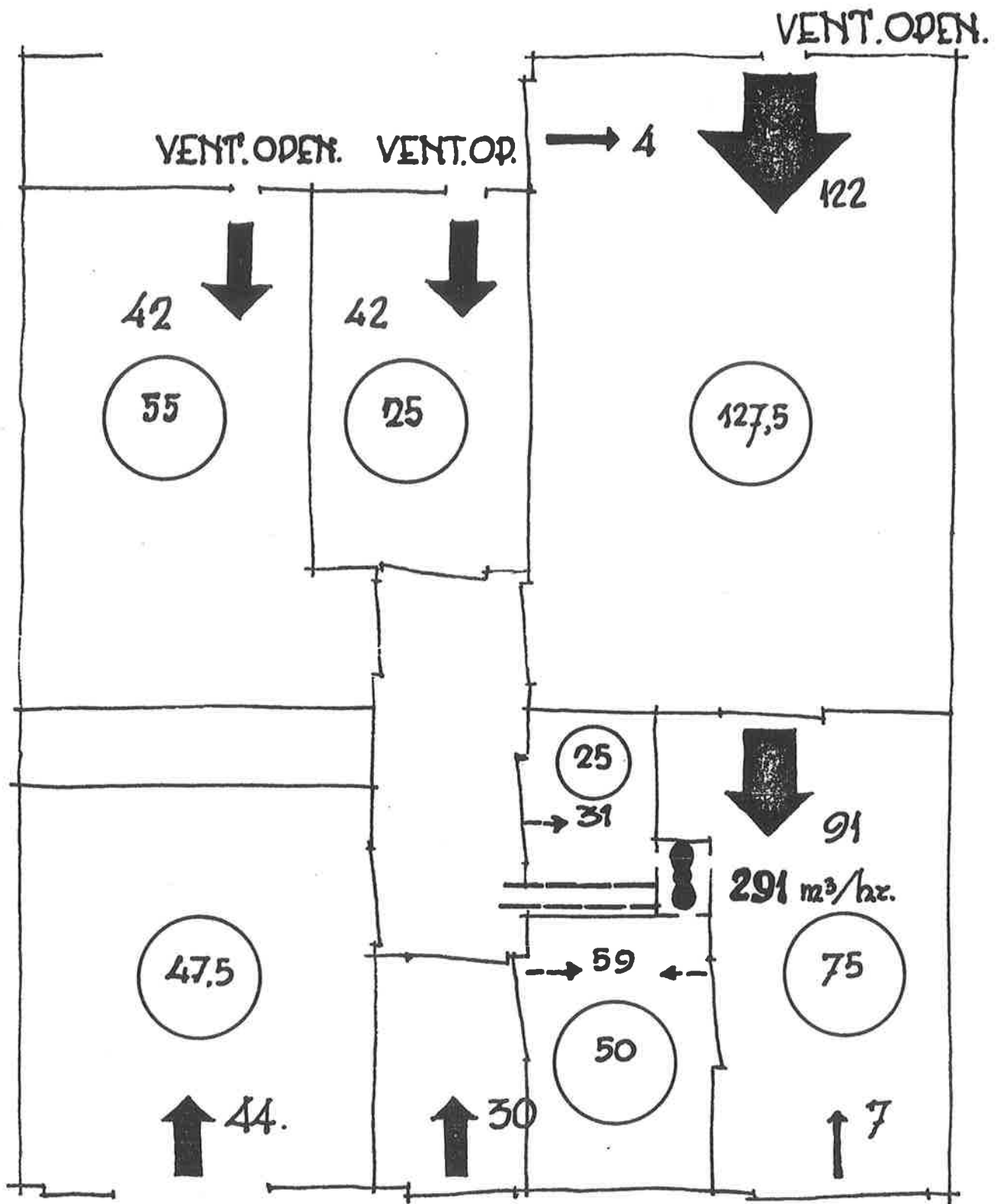
I.G.T.N.O. WERKRAPPORT C 314.

MET SUBSIDIE V.D. STICHTING BOUWRESEARCH.



RAMEN
 BINNENDEUREN
 SCHUIFDEUR
 BUITENDEUR

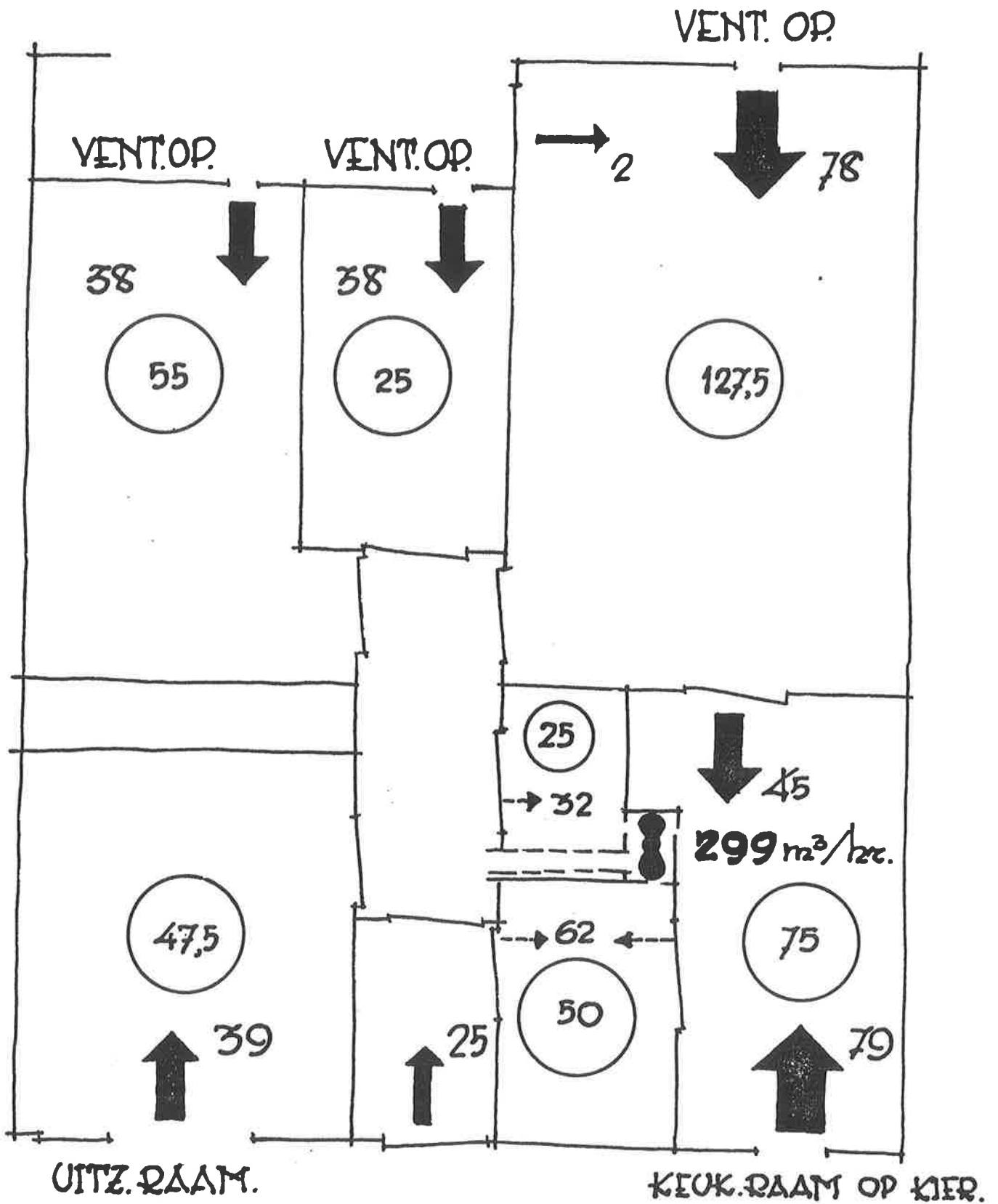
C = 3 m^3 / m^2 h.c. 1 mm
 C = 15 " " wk.
 C = 25 " "
 C = 10 " "



UITZ. R.

MECH. VENT. AFZ. KANALEN.
GEVEL OPEN - 1.

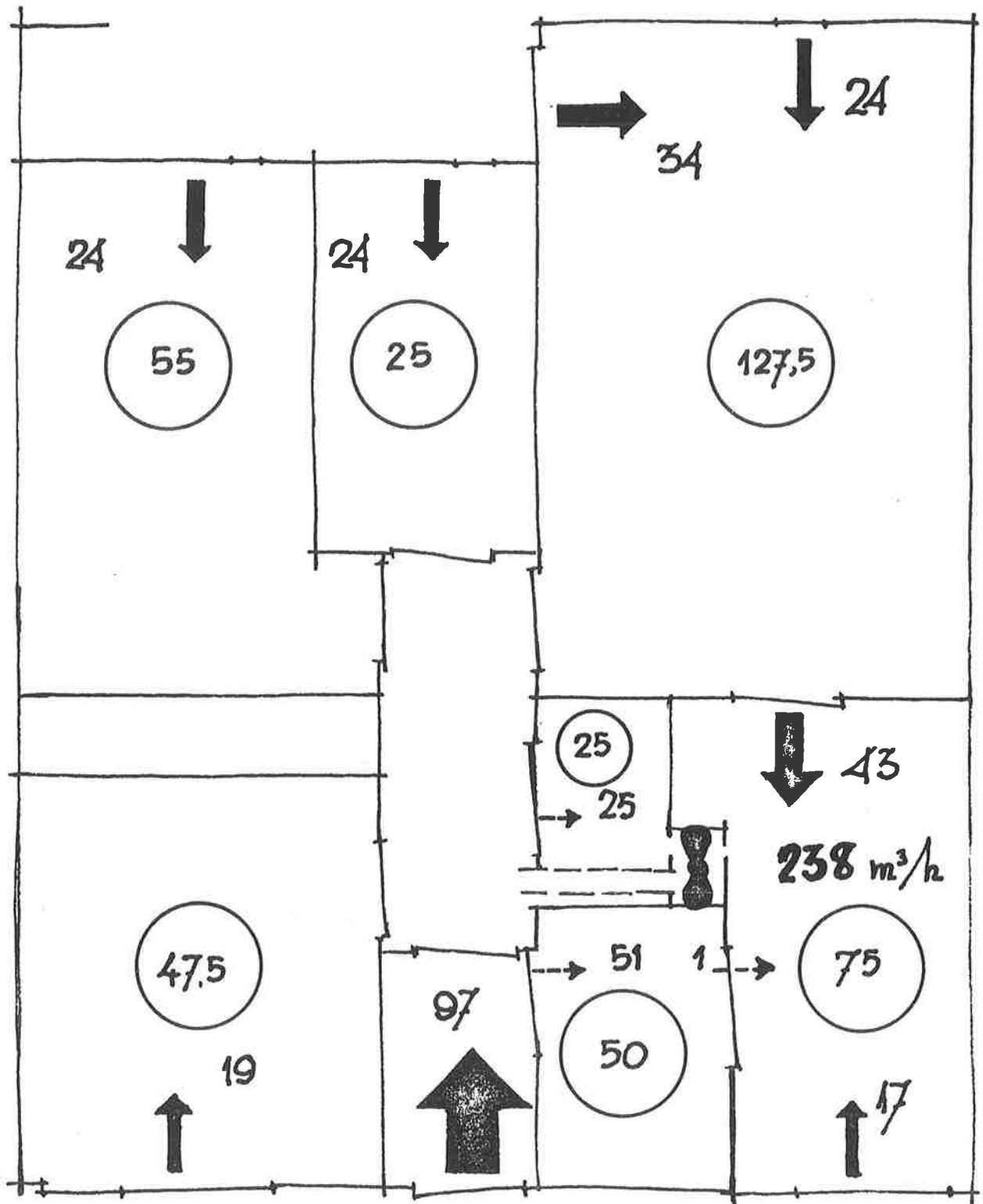
WOONLAAG : 10
WIND : GEEN
TEMP. : Δt = 10°C



MECHAN. VENT. AFZ. KANALEN.
GEVEL OPEN - 2.

WOONLAAG \leq 10
WIND \leq GEEN
TEMP. \leq Δt : 10°C.

BK-70-17-92.



MECHAN. VENTILATIE AFZ.K.
GEVEL GESLOTEN.

WOONLAAG : 10
WIND : GEEN
TEMP : $\Delta t: 10^\circ\text{C}$.

BK-70-17-99