

Koffie met melk

1 Inleiding

De kunst van lesgeven bestaat eruit om de aan te leren zaken op een effectieve manier over te brengen naar de cursisten. Het gaat er soms om dat complexe zaken eenvoudig worden voorgesteld. Een goede metafoor kan hier dikwijls bij helpen. Een metafoor is een methode waarbij een gekend beeld (met allerlei eigenschappen) gebruikt wordt om iets anders te verklaren.

Dit artikel draait over koffie met melk. Dit is een beeld dat iedereen kent. Iedereen kan zich een kopje koffie voorstellen. Heel wat mensen drinken hun koffie met melk: sommigen doen er een klein wolkje in, anderen doen er meer melk in en nog anderen drinken *koffie verkeerd*, meer melk dan koffie.

De meesten gieten eerst de koffie in hun kopje, gevolgd door de melk. De melk mengt zich niet onmiddellijk met de koffie. Er ontstaat eerst een moment waarbij de melk nog min of meer samen blijft. De koffie verandert echter wel onmiddellijk van kleur. Ze is niet langer zwart maar heeft een eerder bruine kleur.



figuur 1 Een kopje met enkel koffie erin.

Het is pas nadat in de koffie geroerd werd dat er een egale kleur ontstaat. Hoe meer melk er werd toegevoegd, hoe bleker de koffie wordt.

2 Ventilatie na brand

Na een brand blijft er heel wat rook in een gebouw achter. Rook is schadelijk. Ze bevat immers giftige stoffen. Dikwijls wordt er gerefereerd naar het CO-gehalte maar er zitten ook talloze andere stoffen in rook die ervoor zorgen dat de mens niet kan overleven in een ruimte die met rook gevuld is. Eén van de taken van de brandweer betreft ventilatie: het verwijderen van de rook uit de ruimte(s) en het vervangen ervan door verse lucht.

Een ruimte die gevuld is met rook kan vergeleken worden met een kopje koffie. Initieel is er enkel koffie (= rook) in het kopje. Er moet echter geëvolueerd worden naar een toestand waarbij er enkel lucht (= melk) in het kopje achterblijft.



figuur 2 Hetzelfde kopje met een vleugje melk erin. Let op de lichte kleurverandering in het kopje.



figuur 3 Er is nog meer melk bij de koffie gegoten. Een deel van het mengsel is al uit het kopje gestroomd. De kleur van de koffie is nog bleker geworden.

De verhouding tussen koffie en melk bedraagt 3% in dit voorbeeld. Iedereen kan het zich voorstellen hoe het eruit ziet en waarom dit een goede methode is om een kopje met koffie om te toveren in een kopje met melk.

Iets gelijkaardigs gebeurt als een overdrukventilator gebruikt wordt om een ruimte te ontroken. Stel dat een woonkamer een vloeroppervlakte heeft van 20 m² en een hoogte van 2.5 m. Dan heeft die ruimte een volume van 50 m³. De rook in die ruimte stemt overeen met de 15 cl koffie in het kopje en de lucht die een overdrukventilator naar binnen duwt met de melk.

Het is belangrijk om even aan te geven dat de overdrukventilator niet gelijk is aan de persoon die de melk in het kopje giet. De overdrukventilator duwt de lucht naar binnen maar een overdrukventilator doet ook nog iets anders: de luchtstroom die uit een overdrukventilator komt is zeer turbulent. Eén van de eigenschappen van turbulentie is dat die ervoor zorgt dat alles gemengd wordt. De overdrukventilator is dus de combinatie van de persoon die de melk in het kopje giet en de persoon die vervolgens roert.

Voor de rest is die koffie met melk een goede metafoor voor het ventileren van die ruimte met een overdrukventilator. In het begin zit de ruimte helemaal onder de rook. De lucht die door de overdrukventilator naar binnen geduwd wordt, duwt rook naar buiten. Hierdoor verandert het lucht/rookmengsel in de ruimte. Geleidelijk aan is er meer lucht en minder

Denk aan een kopje koffie en denk er een grote bus van vijf liter melk bij. Begin nu langzaam te gieten. Er komt melk in de koffie, deze verandert van kleur en het kopje begint over te lopen. Er loopt een mengeling van koffie en melk over de rand. In het begin loopt er verhoudingsgewijs veel koffie uit het kopje en weinig melk. Echter na verloop van tijd zit er steeds minder koffie in het kopje en steeds meer melk.

De verhouding tussen koffie en melk in het kopje blijft evolueren. Op het moment dat de volledige bus van vijf liter melk in het kopje is gegoten, blijft er ongeveer 15 cl vloeistof over in het kopje. Er ligt dan ook 5 liter vloeistof op de grond (en iemand zal die moeten opruimen, maar dat is een ander verhaal 😊). De vloeistof in het kopje zal quasi uitsluitend uit melk bestaan. Op de grond ligt een grote plas die ook voornamelijk uit melk bestaat. Er werd immers begonnen met 15cl koffie en vijf liter melk. De



figuur 4 Een overdrukventilator duwt lucht naar binnen en hierdoor komt er ook rook naar buiten. In het begin is dit dichte rook maar na verloop van tijd is de rook die verdwijnt sterk verdund. (Foto: Pierre-Henri Demeyere)

rook in de ruimte. Hierdoor *verdunt* de uitstromende rook (zie figuur 4). Verhoudingsgewijs is er steeds minder rook aanwezig in de uitstromende gassen en steeds meer lucht. Na verloop van tijd rest er enkel nog lucht. Er is dan geen rook meer te zien.

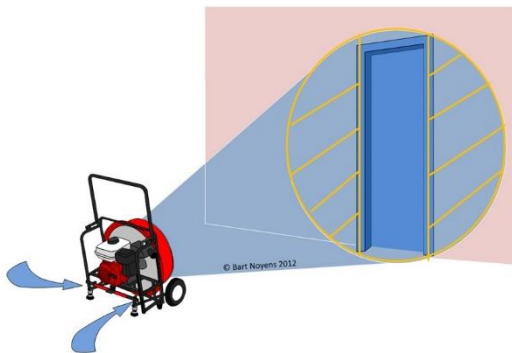
Hoe lang moet die overdrukventilator nu aanstaan om overeen te komen met die vijf liter melk? Dat is een erg goede vraag die niet zo makkelijk te beantwoorden is. Dit kan enkel op een benaderende manier gebeuren. De eerste vraag die beantwoord moet worden is: *Wat is het nominale debiet van de overdrukventilator?* Dit is een getal dat de fabrikant opgeeft. Het stemt overeen met het debiet aan lucht dat de ventilator kan verplaatsen in optimale omstandigheden. Een goede orde van grootte is 36000 m³/h. Er zullen ventilatoren zijn die meer verplaatsen en er zullen er zijn die minder verplaatsen. Je kan dit opzoeken in de documentatie die geleverd wordt door de fabrikant. Voor dit artikel is 36000 m³/h een handig getal omdat het overeenstemt met 10 m³/s.



figuur 5 Er wordt verder melk in het kopje gegoten. De kleur is nu veel lichter en begint naar wit te evolueren.

Beantwoordt nu de volgende vraag: *Als de ruimte 50 m³ is, kan je dan in 5 seconden alle rook eruit blazen?*

Als je het verhaal over de koffie met melk goed begrepen hebt, dan weet je dat het antwoord *neen* is. Dat zou betekenen dat je een kopje koffie kan omtoveren naar een kopje met melk door er 15 cl melk in te gieten.



figuur 6 Deze ventilator produceert een kegel met lucht. Alle lucht die op het gearceerde gedeelte terechtkomt, botst tegen de muur en komt niet in het gebouw terecht. (Tekening: Bart Noyens & Karel Lambert)

het gebouw dus niet binnen gaan.

Er moet veel meer melk gebruikt worden (en dus ook veel meer lucht). Eens geweten is hoeveel lucht in beweging wordt gezet door de ventilator, wordt de vraag: *Hoeveel lucht gaat er dan naar binnen?* Het is immers niet zo dat alle lucht die door de ventilator verplaatst wordt ook naar binnen gaat in het gebouw. Op figuur 6 kan je een conventionele ventilator zien die op een afstand van ongeveer twee meter van de deur is opgesteld. Op die afstand dekt de kegel ongeveer de volledige deuropening af. De kegel vormt als het ware een cirkelvormig vlak op de gevel van het gebouw. De twee gearceerde gedeeltes op de figuur vertegenwoordigen het gedeelte van de lucht die op de muur botst en

In de metafoor van de koffie met melk ben je dan melk aan het gieten die deels op de rand van het kopje terechtkomt en naast het kopje wegloopt zonder in het kopje zelf terecht te komen.

In realiteit kan er ook nog lucht weglekken tussen de inlaatopening en de eigenlijke kamer die geventileerd moet worden. Als de ruimte op de tweede verdieping ligt, dan moet de luchtstroom eerst naar de trap, vervolgens twee verdiepingen omhoog en vervolgens naar de te ventileren ruimte. Normaal gezien passeert de luchtstroom op verschillende plaatsen andere deuren. Deze deuren zijn niet luchtdicht. Dit betekent dat een deel van de luchtstroom via de kieren naar binnen gaat in de ruimtes achter de deur. Dit deel van de luchtstroom is dan niet meer beschikbaar om de ruimte te ventileren.



figuur 7 Er wordt verder melk toegevoegd totdat het kopje bijna helemaal gevuld is met melk. De kleur van de vloeistof wordt steeds witter.

Stel dat er $5 \text{ m}^3/\text{s}$ de ruimte binnengaat, dan duurt het ongeveer vijf minuten alvorens de verhouding tussen het volume lucht dat naar binnen geblazen werd en de oorspronkelijke rook dezelfde is als de melk en de koffie in onze metafoor. Als er slechts $3 \text{ m}^3/\text{s}$ binnen gaat, dan duurt het ongeveer 10 minuten.

Vijf à tien minuten is een goede schatting om een ruimte van 50 m^3 te ventileren met een standaard overdrukventilator. Als de ruimte groter wordt, dan zal het natuurlijk langer duren. Om in een van 0.3 liter beker de koffie te vervangen door melk zal er immers ook meer dan vijf liter nodig zijn.

Het is echter niet nodig om ingewikkelde berekeningen te maken op de interventieplaats. Een ruwe inschatting zal voldoende zijn. In bovenstaand voorbeeld gaan we uit van de volgende gegevens:

- Volume van de kamer: 50 m^3
- Volumedebiet aan instromende lucht: $5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Te simplistische benadering: $t = 50 \text{ m}^3 / 5 \text{ m}^3/\text{s} = 10$ seconden
- Juistere benadering: 300 seconden
- Verhouding juist/simplistisch: factor 30

Er kan dan de volgende inschatting gemaakt worden van de tijd nodig om een ruimte te ventileren:

$$t = \frac{\text{volume van de kamer}}{\text{volumedebiet van de ventilator}} \times \text{factor } 30$$

Hou er wel rekening mee dat die factor van 30 ook slechts een ruwe schatting is. Het is een middel om snel een inschatting te maken: *Heb ik wel de juiste ventilator(en)?* Voor de rest van dit artikel zullen we echter met dat cijfer verder werken.

Als je een ruimte van 500 m^3 wil ventileren met een standaard ventilator, dan levert de simplistische berekening 100 seconden op. Met de correctiefactor kom je tot 3000 seconden ofwel bijna 1 uur. Dan is de conclusie dat de overdrukventilator niet voldoende debiet levert om vlot te kunnen ventileren. Je kan dan op zoek naar meerdere ventilatoren of krachtigere ventilatoren.



figuur 8 Het kopje is nu volledig met melk gevuld. Alle koffie is vervangen door melk.

Standaard wordt bij ventilatie uitgegaan van een inlaatopening (meestal de deur) en een uitlaatopening (een raam). Op die manier komt een goede stroming tot stand en werkt het bovenstaande vrij goed. Echter, het is ook mogelijk om de bovenstaande methode toe te passen in een ruimte die slechts één (kleine) opening heeft. Ook dan zal de ventilator doorheen die opening lucht naar binnen blazen. Die lucht zal gemengd worden met het rookluchtmengsel dat aanwezig is in de ruimte en er zal een deel van het mengsel uitstromen via dezelfde opening. De opening zal dus als inlaat en als uitlaat

gebruikt worden. Ook op die manier kan je *koffie met melk* maken. Na verloop van tijd zal de rook uit de ruimte weg geventileerd zijn.

3 Zit er koffie in de bus met melk

De zuiverheid van de melk is een volgend aspect van de metafoor waar we ons over kunnen buigen. Stel dat iemand een lepel koffie opgelost heeft in de bus met vijf liter melk. Is het dan nog mogelijk om een kopje te bekommen dat 100% gevuld is met melk? Dat is niet het geval. De koffie wordt nu immers vervangen door een mengsel dat voor een heel klein beetje uit koffie bestaat. Het mengsel dat overblijft in het kopje nadat de volledige bus met melk erin gegoten is, zal bijna volledig uit melk bestaan maar er blijft een heel klein beetje koffie achter.

Zien jullie de parallel met overdrukventilatie? Heel wat overdrukventilatoren worden aangedreven door een verbrandingsmotor. Verbrandingsmotoren stoten verbrandingsproducten uit: de rook die typisch uit de uitlaatpijp van een auto komt bijvoorbeeld. Dit is ook het geval voor een overdrukventilator die op die manier wordt aangedreven. Deze uitlaatgassen komen terecht in de luchtstroom. Hierdoor bevat de verse lucht toch een beperkt gehalte CO.

In bovenstaand cijfervoorbeeld zal de kamer er na 10 minuten ventileren rookvrij uitzien. Alle rook van de brand is verdwenen. Tijdens een brand komt er rook terecht in aanpalende lokalen of bovenliggende ruimtes. Daar is er minder of geen roetaanslag. Eens de zichtbare rook verdwenen is, zal er ook geen geur meer zijn die herinnert dat er kortelings daarvoor nog rook in de ruimte was. Echter, als er een meettoestel wordt uitgehaald, dan zullen waardes tussen de 50 en de 100 ppm CO gemeten worden. Op zich is dit niet zo heel veel. Je kan er letterlijk een aantal uur in verblijven zonder al te veel gevolgen. De MAC-waarde (de maximaal aanvaardbare concentratie) van CO is 20 ppm. Dit betekent dat je acht uur per dag kan werken in deze atmosfeer en dit je hele leven lang. Mensen verblijven soms meer dan acht uur per dag in hun woning. Bovendien gaat de MAC-waarde uit van gezonde personen die arbeid verrichten. Vandaar dat die 50 à 100 ppm CO onaanvaardbaar hoog ligt. Lang verblijven in die concentratie zou gevolgen hebben. Er moet daar een oplossing voor gevonden worden.

Tabel 1 Concentraties en bijhorende symptomen van een blootstelling aan CO. (Bron: [1])

Concentratie CO (ppm)	Symptomen
200	Hoofdpijn, duizeligheid, vermoeidheid
400	Intense hoofdpijn, levensgevaar na 4 uur
800	Hoofdpijn, duizeligheid, misselijkheid Na 45 minuten bewustzijnsverlies Overlijden na 2-3 uur
1600	Ernstige symptomen na 20 minuten. Overlijden binnen het uur.
3200	Hoofdpijn, duizeligheid, misselijkheid na 5 minuten Bewustzijnsverlies na 30 minuten
6400	Hoofdpijn en duizeligheid na 1-2 minuten Bewusteloos na 10-15 minuten
12800	Onmiddellijk bewustzijnsverlies Overlijden na 1-3 minuten

Dit kan op verschillende manieren. De beste manier voor de brandweer is het stoppen van de overdrukventilatie met een ventilator die aangedreven wordt door een verbrandingsmotor en het vervangen van de ventilator door een toestel met een elektromotor. Er bestaan kleinere, elektrische ventilatoren die kunnen gemonteerd worden op de korf van de ladder (zie figuur 9). Deze zijn ideaal om een ventilator rechtstreeks voor een raam te plaatsen. Die ventilatoren produceren typisch een kleiner debiet maar door rechtstreeks in de raamopening te blazen, worden de verliezen vermeden die er wel zijn bij een luchtstroom die eerst door de traphal naar boven moet. Dergelijke ventilatoren zijn ideaal om de restconcentratie aan CO (die overblijft na ventilatie met een verbrandingsmotor) te verwijderen.



figuur 9 Elektrische ventilator op de korf van de ladderwagen. (Foto: Nathan Vileyn)

Het grote voordeel van een toestel met verbrandingsmotor is de mobiliteit ervan. De ventilator kan uit de autopomp gehaald worden en op de gewenste positie neergepoot worden. Vervolgens wordt de motor gestart en wordt even nagekeken of de ventilatie het gewenste effect heeft. De mensen die hiervoor ingezet zijn, kunnen nu iets anders gaan doen. Het nadeel is dus de hierboven beschreven productie van uitlaatgassen (incl. CO).

Er bestaan dus ook ventilatoren die aangedreven worden door een elektromotor. Dergelijke ventilatoren produceren natuurlijk geen uitlaatgassen. Het nadeel is dat ze meestal gevoed worden via een elektrische kabel. Dit betekent in praktijk dat er eerst een electrogeengroep opgestart moet worden. Daarna moeten er kabels gelegd worden van de autopomp naar de plaats van de ventilator. Dit betekent een heleboel extra werk. Daarvoor is personeel nodig. In het begin van een brandinterventie zijn er altijd handen tekort. Dat maakt dat een ventilator met een verbrandingsmotor grote voordelen heeft voor deze toepassing. Gelukkig komen er stilaan goede ventilatoren met een elektromotor maar gevoed door een batterij op de markt.

Eens de grootste hoeveelheid rook uit de ruimte is geventileerd door het toestel met de verbrandingsmotor wordt best overgeschakeld naar een toestel met een elektromotor om de restjes CO uit de ruimte te krijgen. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft een tabel opgesteld van concentraties en blootstellingstijden die beschouwd worden als onschadelijk voor de bevolking. Daarbij wordt rekening gehouden met deelgroepen zoals zwangere vrouwen en ouderen:

Tabel 2 Concentraties en maximale blootstellingstijd die onschadelijk zijn. (Bron: [1])

Concentratie CO (ppm)	Blootstellingstijd
9	8 uur
26	1 uur
52	30 minuten
90	15 minuten

De bewoners mogen dus nooit toelating krijgen om terug te keren naar hun woning zolang de CO-concentratie niet onder de 9 ppm gezakt is. Het uitvoeren van CO-metingen na een brand is dan ook een goede manier van werken. Op die manier is de brandweer zeker dat er nergens nog ruimtes zijn waar teveel CO in aanwezig is.

4 Wordt er koffie bij gemengd?

Tijd voor het laatste deel van onze metafoor. Stel dat de bus met vijf liter (zuivere) melk in het kopje is gegoten en er zit enkel nog melk in het kopje. Je controleert dit door te proeven. Je proeft effectief een zuivere melksmaak. Neem nu een druppelteller. Vul die met koffie en begin druppels koffie in het kopje met melk te druppelen. Vanaf wanneer proef je zo'n druppel koffie in een kopje melk?

Hoe kunnen we dit beeld nu *vertalen* naar de brandsituatie? Wel, stel je de volgende situatie voor: er heeft een brand gewoed in een gebouw. Bij de constructie van het gebouw zijn zowel niet-brandbare bouwmaterialen (zoals baksteen, beton, staal, ...) als brandbare bouwmaterialen (hout, PUR-isolatie, ...) gebruikt. De brand laat een zwartgeblakerde zone achter. Een deel van het houten plafond is ook geraakt door de brand. De verdieping erboven is een ongebruikte zolder. Bij inspectie van de zolder blijkt de brand doorgeslagen te zijn. Ook hier is de brand snel onder controle gebracht. Omwille van de brand is er heel



wat rook op de zolder. De rook wordt verwijderd met een overdrukventilator volgens de *koffie-met-melk-methode*: er wordt lucht bijgemengd tot alle rook verdwenen is.

De vraag die de brandweer zich stelt, is de volgende: *is de brand echt geblust of staan we hier binnen een paar uur terug?* Dit is een vraag die heel wat brandweermensen zich al gesteld hebben na een brand waarbij de constructie deels aangetast is en ze het niet 100% zeker zijn dat de brand echt uit is. Het is in het verleden ook al gebeurd dat de brandweer de situatie verkeerd ingeschat had en ze moest terugkomen om opnieuw te blussen. Er ontstaat een gênante situatie in de gevallen waar de tweede brand grote proporties aanneemt. Er is dan op zijn minst de perceptie dat de brandweer haar werk niet goed gedaan heeft. De gemiddelde burger weet immers niet hoe moeilijk het is om in dergelijke gevallen de inschatting te maken of de resterende (smeul)brand al dan niet 100% geblust is. Gezien het feit dat er in onze maatschappij meer en meer juridische procedures worden aangespannen, is het niet onwaarschijnlijk dat de brandweer aansprakelijk gesteld worden en moet opdraaien voor de extra schade.

In gevallen waarbij het gaat over een relatief gesloten ruimte (zoals bv. een zolder), kan je nagaan of de brand opnieuw rook produceert door een CO-meting te doen. In een eerste stap breng je door middel van overdrukventilatie het CO-gehalte terug tot 20-30 ppm (*Je voegt melk bij de koffie*). Je kan hier dezelfde opening gebruiken als inlaat en uitlaat. De turbulentie die de ventilator creëert, zal zorgen voor de menging. Je voert uitgebreid metingen uit in de ruimte om je ervan te vergewissen dat er nergens nog grotere concentraties zijn (*je proeft of er nergens nog koffiesmaak is*). Daarna wacht je gewoon een half uur of een uur. Dit kan de tijd zijn van het opruimen van materiaal, het houden van een eerste debriefing, overleg met de politie en de bewoners over het terug in gebruik nemen van (een deel van) de woning, ... Vervolgens ga je terug meten. Als de concentratie CO in de ruimte verder gezakt is, dan is er hoogstwaarschijnlijk geen smeulbrand. Is de concentratie echter (significant) gestegen, dan is de brand CO aan het *druppelen* in de ruimte. Er is dan ergens nog iets aan het smeulen dat die CO produceert. Het spreekt voor zich dat deze methode niet bruikbaar is in een ruimte waar na de blussing alles nog ligt te smeulen. Ze is bedoeld voor een situatie waar nergens nog rookgassen te zien zijn. Ze is ook niet goed bruikbaar in een ruimte die je niet kan afsluiten. Bij een zeer kleine productie aan CO zal de ventilatie er immers voor zorgen dat de productie afgevoerd wordt.

Het is mogelijk om deze methode ook toe te passen in een woning waarvan de ramen en deuren intact zijn. Er kunnen ramen open gezet worden om de ruimte te ventileren. Vervolgens kunnen deze gesloten worden alvorens er gemeten worden. Deze CO-meting is dan de nulmeting waarmee vergeleken kan worden. Net zoals hierboven kan je een (half) uur later opnieuw gaan meten om te kijken of het gehalte CO gezakt is. Het is belangrijk dat alle deuren en ramen gesloten blijven tussen twee metingen.



figuur 10 Er is een brand geweest in deze keuken. Twee CO-metingen met een (half) uur ertussen kunnen helpen bepalen of de brand echt geblust is. (Foto: Edward Savat)

5 Samenvatting

We hebben de metafoor van koffie met melk gebruikt om ventilatie na brand te bekijken. Ventilatie kan na brand op verschillende manieren toegepast worden:

1. Een ruimte die met rook gevuld wordt, kan je ontrokken door blijven lucht bij te voegen totdat er geen rook meer is in de ruimte. Je maakt *koffie met melk* totdat er enkel nog melk overblijft.
2. Een verbrandingsmotor produceert een klein beetje CO. *Er zit dus een klein beetje koffie in de melk*. Je lost dit op door af te werken met een elektrische ventilator of met natuurlijke ventilatie.
3. CO kan dienen als branddetectiesysteem na brand. Door te meten of de CO-concentratie stijgt na de nablissing, kan je gaan inschatten of er nog ergens iets aan het smeulen is. *Je kan proeven of er nog koffie in de melk terechtkomt*.

Hopelijk hebben jullie iets gehad aan deze metafoor. Reacties zijn altijd welkom.

6 Bronnen

- [1] www.antigifcentrum.be, *Wat zijn de toxische concentraties van CO?*, geconsulteerd op 18 november '22

Karel Lambert

