

Datacentrets kylsystem

Anton Odén

Dept. of Maths and Computer Science

Karlstad University

651 88 KARLSTAD, Sweden

Abstract—Datacenter är en industri som vi skapat genom bland annat vår skärmkonsumtion. En industri som slukar elektrisk energi och som också gör detta mycket pga. ineffektiva uppsättningar. Det är värdefull energi som skulle behövas i vår omställning från fossila bränslen. Att effektivisera våra datacenter är en klimatåtgärd. Ett första steg är att förstå vilka alternativ som finns. Jag hoppas denna artikel ska hjälpa läsaren med detta.

I. INTRODUCTION

Jorden är en planet där vi människor gör oss allt mer beroende av digital hjälpmedel. Utvecklingen har skett på mindre än en mansålder och det har ökat exponentiellt. Det är egentligen väldigt svårt att sja i framtiden. Hur mycket mer kommer vi använda oss av det digitala 2030, 2050? För att det digital systemet ska fungera som vi förväntar oss så är vi beroende av datacenter. Datacenter skulle kunna vara en server i ditt hem. Men utvecklingen går mot centralisering och större datakluster. I datacentret jobbar processorn dag och natt för att hjälpa dess användare. Denna hjälp kostar ström. Och den skapar värme. Värmen kan skada processorn ifall den inte transporteras bort. Själva systemet för att transportera bort denna värme är en stor del av strömförbrukningen i ett datacenter. Upp till 40%. Eftersom alla datacenter i jordens, konsumerar upp till 2% av jordens elproduktion så blir effektiviseringen av datacenters kylning viktig.

II. BAKGRUND

Ett datacenter är en mängd servrar som i sig är en mängd processenheter (CPU, GPU etc.), minnen och hjälpkomponenter. När framförallt CPU:n utför det arbete som användaren utsätter den för, så skapar den värme. Denna värme kan när den uppnår nog höga temperaturer skada komponenter i servrarna. Till och med skapa förutsättningar för eld. För att transportera bort den värme som skapas i servrarna behövs ett kylsystem. Kylsystemen kan till och börja med delas upp i 3 olika kategorier. Kategorierna delas upp baserat på vilket tillstånd, flytande eller gas, som det kylande ämnet är i.

- 1) Luftkylning
- 2) Flytande kylning
- 3) Tvåfaskylning

1) *Luftkylning*: Det vanligaste sättet att kyla datacenter är via luftkylning. Det går till så att kyld luft riktas genom servrarna tack vare fläktar. Det nu uppvärmda luften behöver tas om hand så att den ej kontaminerar den kylda luften. Detta görs genom fläkt och tunnelsystem. [3][2].

2) *Flytande kylning*: Ett annat sätt att kyla datacentret är med ett flytande ämne. Ett vanligt flytande ämne är vatten. Men också andra kylmedel så som t.ex HFC134a. [5] Den flytande kylningen kan via ledningar föras tätt intill de delar i servrarna som skapar mest värme och sen via andra ledningar ledas bort från servrarna. En flytande vätska blir istället för luft beroende av pumpar och bibehållet tryck i ledningssystemet. Använt ett antistatiskt kylmedel så kan hela servrarna sänkas ner i ett bad av kylmedel och vi blir inte lika beroende av pumpar.

3) *Tvåfaskylning*: Tvåfaskylning heter så för att det ämne som används för kylningen ändrar tillstånd från flytande till gas under kylning då det har en gastemperatur som understiger temperaturen på de komponenter som ska kylas. I gasform så transporteras kylmedlet till en kondensator som kyler ner gasen igen och sen pumpas samma kylmedel tillbaka igen.

A. Gratis kylning

På ovan förklaringar så har vi gått igenom slutna system där samma luft och flytande ämne återkyls och återanvänds i systemet. När de kommer till luft så kan vi ta in luft utifrån för att få kyld luft gratis. Detsamma gäller för vatten. I samma takt som luft eller vatten tillförs utifrån. I samma takt behöver det också avlägsnas uppvärmd luft eller vatten från datacentret.

B. Strömförbrukning

För att få en matematisk förståelse över strömförbrukningen så delar vi upp datacentrets olika strömförbrukare.

$$P_{DC} = P_{IT} + P_{strom} + P_{kylning} + P_{ljus}$$

Själva strömförbrukningen av servrarna kan benämnas P_{IT} . Strömförbrukningen av kylningsanläggningen kan benämnas $P_{kylning}$. Förlorad ström i distribueringsystemet för ström kan benämnas P_{strom} . Övrig förbrukning för att hålla lokalerna människovänliga kan benämnas P_{ljus} .

För att jämföra datacentrets strömförbrukning med fokus de de komponenter som inte har med servrarnas arbete att göra så kan vi dela alla dessa förbrukningar med P_{IT} . Då får vi ut ett PUE-värde (Power usage effectiveness) [2]

$$PUE = \frac{P_{IT} + P_{strom} + P_{kylning} + P_{ljus}}{P_{IT}}$$

Det idealiska är att PUE-värdet blir 1. Då är det endast servrarna som använder ström. Eftersom kylningen kan stå för

30-40% av datacentrets strömförbrukning så är det den som ger mest effekt att sänka förbrukningen på. [3][1]

C. Återvunnen energi

Det går också att återvinna den värme som skapas så att vi använder energin till mer än datorkraft. I kombination med gratis kylning kan det göra datacentret klimatvänligare. Detta kan som uppe i Boden innebära att värmen transporteras till ett intilliggande växthus. Där skapar den en växtzon uppe i kallaste norden, där grönsaker kan odlas året om.[4] Förespråkare av återvinnande av värmeenergin vill lägga till $P_{\text{återvinn}}$ i PUE ekvationen. $P_{\text{återvinn}}$ är den mängden ström som skulle ha behövts användas för att värma upp växthuset till den grad som datacentret nu gör med sin värme.

$$PUE = \frac{P_{IT} + P_{\text{strom}} + P_{\text{kylning}} + P_{\text{ljus}} - P_{\text{återvinn}}}{P_{IT}}$$

III. ANALYS

Luftkylning är det mest utbredda sättet att transportera bort värme från server. Detta för att det är billigast att installera och underhålla. När ett system blir marknadsledande så som lutkylning så hjälper det också till att trycka ner priser. Dock vilket vi diskuterat innan så är det inte effektivt. Vid användning av enbart luftkylning så står kylningen för 30-50% av datacentrets strömförbrukning.

A. Luftkylning

Luftkylning är den vanligaste metoden för kylning och ser ut att fortsätta ha den positionen. Dess position som marknadsledande ser ut att hotas av två saker. Strömförbrukningen av kylsystemet och att framtidens processorenheter blir allt mer energikrävande. Vilket kommer skapa mer värme. En värme som endast luftkylning, ej klarar av att leda bort.

1) *Strömförbrukningen*: Vid uppbyggnad av nya datacenter så blir det en kalkyl att göra. Hur mycket mer ström kommer det lyftkylda systemet förbruka jämfört med ett flytande eller tvåfaskssystem? Sedan se på vad investeringen och underhållet av de olika systemen kostar. Kostnaden för ström blir då en avgörande faktor. Vilket är en anledning till att svenska Norrland med sin relativt sett billiga el pga. Sveriges väl utbyggda vattenkraftssystem är en intressant plats att placera datacenter.

2) *Framtidens processor*: Processenheter har blivit allt tätare och därmed kraftfullare sen start. Vilket resulterat i Moores lag. Vilken i korta ord säger att processortätheten/kraften dubblas varannat år. Detta skapar allt större krav på att transportera bort värmen som blir större och större. Luftkylning har ett tak i hur mycket värme den kan transportera bort. Vilket gör att när processorkraften uppnår 1kW/cm² så behövs annan kylning.

B. Flytande kylning

Flytande kylning är både ett komplement till luftkylningen men kan också vara en ersättare. Eftersom vi har med vätska och göra så kommer de tillkomma mer kostnader i underhåll för att säkerställa att vi inte får några läckor. Vid användning av vatten blir det extra kritiskt då de elektriska komponenterna kan ta skada. En stor fördel med flytande kylning är att det transporterar värme längre sträckor vilket gör det enklare att använda sig av den värme som skapas till andra ändamål. Används vatten kan den uppvärma vattnet kopplas in i närliggande lokalers värmesystem och få en direkt påverkan på värmeelementen. Värmen skulle också kunna användas i skapandet av ny ström [5]

C. Tvåfaskykylning

Denna form av kylning är fortsatt en nisch på marknaden. En stor fördel med tvåfaskykylning dock är att det uppvärmda ämnet transporteras iväg relativt naturligt när det går till gasform. Temperaturen på processorenheterna blir därmed relativt konstant efter vilket kokpunkt ämnet ligger på. Vi får därför en lägre strömkostnad för pumpar vilket är en stor kostnad för ett flytande system där det flytande ämnet måste cirkuleras beroende på processorenhetens arbetstakt.

D. Gratis kylning

Vid inhämtning av luft utifrån så behöver extra fokus läggas på luftfuktigheten. Även avfuktning av luft kostar ström. Det är oftast så att utomhusfuktigheten är över rekommenderat 60% relativ luftfuktighet för ett datacenter [1]. Men ifall luftfuktigheten skulle lägre så kan det behövas adderas vatten till luften innan den tas in i datacentret. Det är viktigt att serverarna har en någorlunda konstant luftfuktighet. Vid låg luftfuktighet ökar risken för elektrisk urladdning vilket skadar komponenterna.

E. Återvunnen energi

Att tänka på vid återvinning av energi är att det inte ska bli en form av green washing. Det kan väldigt lätt bli så att datacentret inte arbetar med att effektivisera sin förbrukningen eftersom den värme som skapas används i ett senare led. PUE talen om återvunnen energi tas med i beräkningen visar på väldigt bra värden. Datacentrets position blir viktig då Placeringen av växthuset bör vara på en sådan plats så att den extra värmen kan utnyttjas större delen av året. Annars har investeringen att koppla ihop de olika verksamheterna kostat både ekonomiskt och miljömässigt mer än det smakat.

IV. SLUTSATS

I denna artikel har vi fått igenom luftkylning, flytande kylning och tvåfaskykylning. Vi har sneprat på matematiska formler för att benchmarka ett datacenter. Vi har även tittat på hur vi kan använda oss av placeringen av ett datacenter och hur vi kan använda återanvända den värme som uppstår. Förhoppningsvis ska denna artikel ge läsaren en godare förståelse i hur ett datacenter kan kylas och att framtiden kräver ett mer mångsidigt användande av energin i ett datacenter.

REFERENCES

- [1] Giulio Capozzoli Alfonso. Primiceri. "Cooling Systems in Data Centers: State of Art and Emerging Technologies". In: *Elsevier Ltd* (2015).
- [2] Zhabelova G. Vesterlund M. Eschmann S. Berezovskaya Y. Vyatkin V. Flieller D. "A Comprehensive Model of Data Center: From CPU to Cooling Tower". In: *IEEE Access Access, IEEE*. 6:61254-61266 (2018).
- [3] Lemasson Stéphane Nadjahi Chayan Louahlia Hasna. "A review of thermal management and innovative cooling strategies for data center". In: *Elsevier Science B.V., Amsterdam* (2018).
- [4] Mats Persson Tomas. Rönnelid. "Lågtemperaturuppvärmning av växthus: En litteraturstudie". In: *Energiinnovation Energikompetenscentrum Rapport*. (2021).
- [5] Jackson Braz Marcinichen. Jonathan Albert Olivier. John Richard Thome. "On-chip two-phase cooling of datacenters: Cooling system and energy recovery evaluation". In: *Applied Thermal Engineering* 41 (2011).