

Koldioxidens effekter på elevers och kontorsarbetsares hälsa och mentala prestationsförmåga i skol- och kontorsmiljöer

Steven Todorovski

2019



LUNDS
UNIVERSITET

Jag vill tacka min handledare Birgitta Nordquist och min
grupphandledare Nina Reistad

Abstract

This study's purpose was to try and study whether Carbon Dioxide in indoor environments (schools and offices) affect performance and health in students and office workers with in terms of mental effects and Sick Building Syndrome. This study was executed as a literary study where eight different scientific articles were analysed and compared to see if their results are comparable with each other and show a significant connection between mental performance and Sick Building Syndrome (Health related symptoms that arise in faulty indoor environments and can give symptoms such as eye irritation, upper respiratory symptoms, headaches, etc.).

Through analysing the eight articles I came to the conclusion that higher levels than recommended of indoor carbon dioxide has a negative effect on students and office workers mental performance and that carbon dioxide also can cause SBS-like symptoms such as eye irritation and upper respiratory symptoms.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	4
1.1 Sick Building syndrome	4
1.2 Koldioxid	4
1.3 Syfte	5
1.4 Frågeställningar	6
2. METOD	6
2.1 FORSKNINGSRELATERAD ETIK	6
2.2 URVAL AV FAKTA OCH DATAINSAMLING.....	6
2.3 Faktaanalys	8
3. RESULTAT	8
3.1 Referat.....	8
3.1.2 Hur koldioxiden ändras i byggnaden	8
3.1.3 Koldioxidens effekter på prestation och hälsa i skolan och på kontoren	9
4. DISKUSSION.....	14
4.1 Metoddiskussion	14
4.2 Resultatdiskussion.....	15
5. SLUTSATS.....	18
6. REFERENSER	19

1. Inledning

Vi människor tänker allt mer på vår miljö och klimat. Vi tänker allt mer på klimatförändringarna som påverkas av jordens stigande medeltemperatur och hur vi ska stoppa dem.

Vi tänker allt mer på de farliga ämnen som kan hamna ute i naturen och hur man kan förebygga att det sker. Vi tänker på vad som återanvänds och vad som deponeras. Mänskligheten har under de senaste decennierna blivit allt mer medvetna om vårt yttre klimat och miljö men vad tänker allmänheten om den miljö vi i västvärlden spenderar mest tid i? Vad vet allmänheten egentligen om vår inomhusmiljö och vårt inneklimat?

Att man ska kunna befinna sig i en bra inomhusmiljö med gott inneklimat är väl något som anses vara en ren självklarhet, särskilt i Sverige, men hur viktigt är det egentligen? Vad är det som definierar ett gott inneklimat? Vad är en dålig inomhusmiljö och vad för effekter kan en sådan miljö och klimat ha på vårt välbefinnande och inte minst vår hälsa? Vi bor, vi äter, sover, jobbar, studerar och umgås ofta med andra människor i just inomhusmiljöer. Källa.

Att leva i en bra inomhusmiljö är nödvändigt för att vi ska må bra och för att vi inte ska uppleva den så kallade sjuka hussjukan eller ”*Sick Building Syndrome*” som den heter på engelska.

1. 1 Sick Building Syndrome

Sick Building Syndrome är en diagnos som är omtvistad. Symptom som uppkommer vid Sick Building Syndrome kan arta sig som influensaliknande symptom som rinnande näsa, ögonsymptom, hes röst, hosta och inte minst huvudverk. Sick Building Syndrome -faktorer uppkommer i dåliga inomhusmiljöer. För att det ska klassas som Sick Building Syndrome ska symptomen försvinna när individen lämnar byggnaden. (Daniel Harju, 2015)

Sick Building Syndrome handlar om de hälsoeffekterna som uppkommer av en bristfällig inomhusmiljö det vill säga, de hälsoeffekterna som en skadlig miljö kan ha på oss. Den här uppsatsen kommer att framhäva de hälsoeffekter som orsakas av exponering av vissa ämnen via ventilationssystem, särskilt koldioxid och hur de kan uppstå i en dålig inomhusmiljö samt ventilationens effekter på vår hälsa och välbefinnande.

Det finns flera olika faktorer som kan kopplas till Sick Building Syndrome-symptom. Typiska exempel är just skadliga ämnen för hälsan i luften, luftflöde, temperatur, etc. Fler faktorer som kan påverka Sick Building Syndrome-symptom är bland annat psykosociala faktorer (arbetets organisation), kön och personlighet. (Daniel Harju, 2015)

1. 2 Koldioxid

Det kan finnas flera faktorer som kan påverka hälsan hos människor i kontorshus som står ovanför men en som är extra intressant för den här uppsatsen är koldioxid i inomhusklimatet.

Koldioxid är ett ämne som vi andas ut i och i ett icke-fungerande klimat kan det vara ett problem.

Att koldioxid är ett intressant ämne att diskutera har med dess effekter på oss. Det är allmänt känt att vi behöver syre för att andas och som biprodukt andas vi ut koldioxid (G. B. Lindström, 1177, 2005). Ventilation är till för att just se till att luften i våra inomhusmiljöer är rent så att vi slipper koldioxiden från att finnas kvar i inomhusmiljön.

För att man ska veta om luftkvaliteten i inomhusmiljöerna är av tillfredställande kvalitet kan man använda sig av metoden att mäta koldioxiden i luften för att indirekt värdera ventilationen och få ett svar på om ventilationen är bristfällig eller ej. (Sahlgrenska universitetssjukhuset, 2009, s. 5)

Koldioxidhalten används tillexempel som en indikator på ventilationens förmåga att fasa ut de föroreningar som uppkommer av människor i rum och brukar variera från omkring 350 ppm i luften utomhus till 1000 ppm i lokaler med dålig ventilation med mycket människor i. Lufthygienien avgörs av just detta. Om halten överstiger 1000ppm är luften inte bra. De gränsvärden som omnämns i Sverige är att koldioxidhalten ska ligga helst under 1000 ppm för att undvika att människor upplever hälsoproblem relaterade till koldioxidhalten i luften. (Ingemar Samuelsson, 1998, s. 13)

För att se till att inomhusmiljön är av god kvalitet är det viktigt att koldioxid inte överstiger 1000 ppm (parts per milion) under en längre tid. Det är inget krav men det är en rekommendation att det enbart är tillfälligt om det skulle överstiga gränsen och om det gör det ska man ta det som ett tecken på att luftkvaliteten inte är tillfredställande. För att luftkvaliteten ska vara tillfredställande bör luftflödet i skolmiljöer helst inte understiga cirka 7 l/s per person. (Folkhälsomyndigheten, 2014, s. 1), (Arbetsmiljöverket, 2018, s. 9, 50, 16 paragraf)

Inom forskning relaterat till koldioxid har man utifrån redan etablerade kunskaper om koldioxid och dess effekter på människan skapat experiment som har som funktion att mäta värden som ska påvisa på samband mellan koldioxid och Sick Building Syndrome (SBS). Med hjälp av olika hjälpmedel som används är uppsatsen tänkt att sammanfatta de studier och resultat som har uppnåtts i dessa arbeten.

1. 3 Syfte

Syftet med det här arbetet är att tydliggöra och synliggöra hälsoeffekterna och prestationseffekterna av ett fungerande respektive icke fungerande inneklimat och inomhusmiljö med fokus på koldioxid. Den här uppsatsen diskuterade Sick Building Syndrome och hur det förhåller sig med inomhusmiljön och inneklimat och hur exponering påverkar människan negativt.

Dessutom kom etiska frågor ur speciellt ekonomiska aspekter att framhävas i den här uppsatsen men också vilken hänsyn man kan tänkas behöva ta till olika individer och deras olika känslighet för olika inomhusmiljöer och inneklimat.

Den huvudsakliga faktorn som kommer att redovisas och diskuteras är hälsoeffekterna av koldioxid och hur luftflöde i specifika byggnader, det vill säga, skolor och kontorsbyggnader styr dessa förhållanden.

1. 4 Frågeställningar

1. Vilka hälsoeffekter har koldioxidhalter på vår hälsa och prestationsförmåga?
2. Kan koldioxidhalten kopplas till Sick Building Syndrome/Sjuka hussjukan?
3. Vilken roll spelar luftflödet?

2. Metod

Metoden utfördes som en litteraturstudie och gick ut på insamling, inläsning, tolkning och analys av vetenskaplig litteratur inom hälsoeffekter av exponering av koldioxid i inomhusmiljöer, med fokus på skolor och kontorshus.

Metoden gick ut på att samla in olika studier och fakta och jag fick sammanlagt ihop 19 olika källor. Med hjälp av källorna kunde nödvändiga fakta samlas in för att assistera resterande metoder som insamlingen av de vetenskapliga artiklarna som användes för att få ut resultatet. Utav dessa 19 källor var 8 vetenskapliga uppsatser. Det blev totalt 8 artiklar som användes för att få ut resultat.

Vidare utförde jag metoden genom att jämföra de olika vetenskapliga artiklarna och metoderna som användes i dem för att få fram det resultat som jag sedan kunde dela upp i olika delar för att sedan individuellt analysera och tolka dem för att sedan dra mina slutsatser.

Experimenten och testerna som utfördes i artiklarna tolkades. Jag har valt att analysera artiklarna utifrån hälsoperspektiv relaterat till sjuka hussymptom och hur de kopplas till koldioxidhalter i olika inomhusmiljöer och hur luftflödets roll spelar in i det.

2. 1 Forskningsrelaterad etik

Inom forskningen av arbetet har det varit viktigt att källhanteringen är så noggrann som möjligt för att undvika felkällor som bristande översättning av engelska till svenska som resulterar i feltolkning och missförstånd av arbeten och överlag feltolkning av arbetena.

2. 2 Urval av fakta och datainsamling

För att få ut den fakta jag var ute efter använde jag mig av LUBSearch – Lunds Universitets egna elektroniska bibliotek, där jag använde mig av ett flertal olika sökord för att få fram relevanta fakta.

För att få så relevanta resultat som möjligt var det viktigt att sätta en tidsgräns för hur gamla artiklarna fick vara. Jag valde därför att sätta gränsen 25 år tillbaka. Alltså helst inget släppt innan 1994.

Det var viktigt för mig att artiklarna inte fick vara för gamla utan helst så nya som möjligt eftersom vetenskapliga studier ofta görs om och nya kunskaper uppkommer om hälsa relaterade till inomhusmiljöer samt att uppdateringar rörande riktlinjer och gränsvärden uppdateras. Dessutom måste man vara medveten om att resultat från äldre studier kan ha motbevisats av nyare studier. Dock är nyare artiklar baserat på äldre studier tillåtna, det vill säga, artiklar som skrivits under de senaste 25 åren men studierna som utfördes är äldre.

Det var också viktigt att artiklarna jag samlade in var av trovärdiga källor. Jag utgick från att texter som publicerats av universitet eller myndigheter eller motsvarande är trovärdiga källor. Samtliga artiklar som har hämtats från LUBSearch för skrivningen av denna uppsats har filtrerats genom en så kallat "peer review"- funktion. En "peer review"- funktion är en funktion som filtrerar litteratursökningar och kontrollerar att de artiklarna och skrifterna jag har använt mig av är kvalitetsgranskade och är av god kvalitet och godkända att publiceras som vetenskapliga texter. (Karolinska institutet, 2015),

De sökorden jag använde mig av för att få ut relevanta artiklar för min studie var baserade på ämnena som jag studerar det vill säga koldioxid, formaldehyd, inomhusklimat/miljö och ventilation. För att få ut ett större sortiment av studier använde jag mig främst av engelska artiklar därav många engelska sökord:

- *Inomhusmiljö*
- *Ventilation*
- *Inneklimat*
- *Luftföroreningar inomhus*
- *Indoor air pollutants*
- *Air pollution*
- *Indoor air quality*
- *CO2 health*
- *CO2 indoor*
- *Sick Building Syndrome*
- *CO2 indoor + Sick Building Syndrome*

Jag fick upp flera tusentals artiklar per sökord och fick avgränsa mig ganska noga. Jag använde mig bara av artiklar som går att få upp som PDF-filer, satte åldersgränser för publicering, ställde in "peer review" vilket minskade sortimentet markant. Det blev

fortfarande några hundratal artiklar som jag fick välja emellan. Jag utgick från relevanta titlar och läste snabbt igenom artiklarnas abstract för att få en generell uppfattning av vad artiklarna handlade om.

Efter insamlingen var klar övergick jag sedan till att avgränsa mitt arbete. Avgränsningen gick ut på att revidera mitt syfte och frågeställningar och på så vis filtrera bort artiklar som jag inte längre ansåg var relevanta för mitt arbete längre. Efter att syftet och frågeställningarna hade reviderats övergick jag till att läsa de olika artiklarnas ”abstract” för att jag tydligt skulle kunna avgöra vilka som var bäst lämpade för mitt arbete.

Till sist låg jag vid 8 vetenskapliga artiklar att utgå ifrån.

Jag valde dessutom att inte begränsa mig geografiskt. Det vill säga. Studierna kan ha gjorts överallt i världen. Det berodde tills stor del på att jag inte kunde hitta ett flertal studier som hade utförts i samma geografiska område. Det gjorde att alla av de vetenskapliga artiklarna utfördes runt om i världen.

2.3 Faktaanalys

Efter insamlingen av data övergick jag till att läsa och analysera texterna flera gånger om, speciellt inledning, metod och resultat. Efter det övergick jag till att sortera och kategorisera artiklarna efter relevans så att jag lättare kunde komma till olika slutsatser. Under den här processen bytte jag ut ett par artiklar mot några andra eftersom jag ansåg att de var mer relevanta för mitt arbete.

3. Resultat

Resultaten som har tagits fram och som är baserade på 8 olika studier/vetenskapliga artiklar där mätningar av luftkvalitet och ventilation förhåller sig till hälsan beskrivs och sammanfattades här. Jag lyckades avgränsa mig till fyra individuella studier som gjorts av olika personer och fyra studier som har utförts av Wargoeki (et al.) för att få ut artiklarnas resultat och jag jämförde dem för att se om de visade liknande resultat på sina studier. Resultatet delade jag upp i två delar. En del som förklarar hur koldioxid ackumulerar i inomhusmiljöer och en annan del som förklarar hur koldioxiden påverkar individernas hälsa och prestation. Eftersom detta är en litteraturstudie beskrivs resultatet mer som ett **referat**. Detta inkluderar generella redovisningar av deras syfte, metod, resultat och slutsats för dessa olika studierna.

3.1 Referat

3.1.1 Hur koldioxiden ändras i byggnaden

Experimentet utfördes i Turkiet i Sakarya universitetet. Yalcins et al huvudsakliga syfte med sitt arbete var att bedöma inomhusluftens kvalitet och samtidigt bevara energieffektiviteten i skolmiljöerna. För att uppnå deras mål skapade de ett simuleringsredskap med hjälp av ett datorprogram som hade utvecklats för att analysera och förbättra inomhusluften i

byggnaderna. Med hjälp av simuleringen (som ger resultat nära riktiga värden) kunde man på kort tid få ut en demonstration för olika situationer. (Yalcin et al., 2017, vol. 26, s. 1393)

Mätning av klassrum – klassrummens/korridorens drag samlades i databaser följt av att forskarna i slutet av metoden analyserade just den data från simuleringen som validerades av mätningarna i klassrummen och korridoren. En koldioxidmetet - ett så kallat AZ-instrument 77 535 CO2/Temp./RH Meter användes för mätningar. Instrumentet gjorde de möjligt för dem att bland annat just mäta koldioxidnivåerna med förmåga att mäta från 0–9999 ppm CO2. (Yalcin et al., 2017, vol. 26, s. 1396)

Resultaten från den studien som utfördes på den skolan visade på att koldioxidens koncentration ökade i takt med ökningen av andelen elever i klassrummen. När två klassrum mättes och jämfördes med varandra blev resultaten att klassrum 1 (C1103) (fick ett annorlunda resultat än klassrum 2 (C1104). (Yalcin et al., 2017, vol. 26, s. 1398)

Resultatet av studien kunde kopplas till en viss tidpunkt under veckodagarna också. Det visade sig att det under just en specifik dag i veckan blev betydligt högre koncentration av koldioxid i klassrum 2 än klassrum 1. Det trots att lektionerna började samtidigt. Då kunde man med hjälp utav studien se att det berodde på att fler elever vistades under en längre tid i klassrum 2 än vad de gjorde i klassrum 1. (Yalcin, et al., 2018, vol. 26, s. 1398)

Vidare i studien om de två klassrummen kunde man se att koldioxiden i klassrum 2 där koldioxidnivåerna var högre inte gick ner snabbt när eleverna lämnade rummet utan fortsatte att vara där resten av veckan och detta kunde enligt Yalcin et al. kopplas till bristande ventilation. Resultatet tydde på att eftersom ventilationen var just bristfällig, försvann inte koldioxiden när eleverna lämnade lokalen utan ackumulerades i klassrummen under veckan som en produkt av den dåliga luftomsättningen. (Yalcin et al., 2018, vol. 26, s. 1398)

De fortsatte sin studie av klassrum 1 som i sin tur visade att halterna av koldioxid var beroende av både antalet elever men också om fönsterna och dörrarna var öppna eller respektive stängda. Utöver detta kunde studien påvisa att när koldioxidhalterna sjunker, sjunker de inte snabbt utan enbart gradvis. (Yalcin et al., 2018, vol. 26, s.1398)

Deras slutsats var att för mycket CO2 uppmättes i klassrummen och att det rapporterades till skolans administration. De fortsatte med att de i en framtida studie ska kunna förbättra den webb-baserade studien för att kunna visa data online som kopplats till olika sensorer i klassrummen. (Yalcin et al., 2018 s. 1400)

Nu när vi har lite koll på att koldioxid ackumuleras i klassrum som direkt orsak av dålig ventilation kunde jag vidare beskriva hur den dåliga luften påverkar människor negativt.

3. 1. 2 Koldioxidens effekter på prestation och hälsa i skolan och på kontoren

Med hjälp av denna kunskap kunde jag därför lättare redovisa varför det blir så lätt ökade koldioxidhalter i skolor och särskilt klassrum och medan Yalcin, Balta och Özmens forskning visar hur koldioxiden sprids och ackumuleras i klassrum och hur man bedömer luftkvalitet försökte andra forskare (bland annat Petersen et al., 2015) påvisa samband mellan koldioxidhalterna i klassrum (andra klassrum än de som Yalcin et al mätte) och vilka hälsoeffekter som kan uppstå hos elever på skolorna. Speciellt mentala effekter relaterat till prestation i skolan hos elever men också SBS-symptom. Deras syfte var att utreda effekterna av ökad hastighet av luftflödet i ventilationen indikerat av minskad koncentration koldioxid (CO₂) inomhus. (Petersen et al., 2015, vol. 26, s. 367)

Eleverna på skolan blev systematiskt exponerade för antingen recirkulerande avluftning eller frisk luft enligt deras interventionsschema medan de gjorde ett antal prestationstester. (Petersen et al., 2015, vol. 26, s. 367)

Mätningarna de utförde skedde i fyra olika klassrum på två olika skolor i Rungsted, Danmark (Skola A och skola B) i två klassrum per skola (klassrum 1 och 2 för skola A och klassrum 3 och 4 för skola B). I dessa klassrum justerade de inomhusklimatet olika för att se om det hade en effekt på elevernas prestationsförmåga och även välbefinnande. (Petersen et al., 2015, vol. 26, s. 368)

För att de skulle kunna få ut resultat angående prestation hos eleverna gav de eleverna prestationstest som de fick svara på efter varje gång de ändrade på ventilationen. På så vis fick de ut sina resultat. (Petersen et al., 2015, vol. 26, s. 367)

Dessa studier är till stor del baserade på Pawel Wargockis studier från 2007 (beskrivs senare i texten) som visar i sina undersökningar i utförda i Sverige om hur CO₂ påverkar barns prestationsförmåga i skolor och hur koldioxidhalterna förändras under kallare årstider då lokalerna uppvärms. Det som man kom fram till var att när uppvärmningen når över den rekommenderade temperaturen (20–22°C) och skolan under denna tid inte hade ett tillräckligt bra flöde av uteluft in i lokalerna orsakade det att koldioxidhalterna under skoltimmarna nådde högre än 1000 ppm. (Wargocki et al., 2012, vol. 59, s. 581)

Wargockis et al studier från 2012 är delvis baserade på deras tidigare studier från 2007

De prestationstesterna som tidigare beskrevs var baserade på Wargockis studier som utfärdade 8 prestationsexperiment baserade på ämnena läsning/förståelse och matematik. (Wargocki et al., 2007, vol. 13, s. 199), (Wargocki et al., 2012, vol. 59, s. 583–584, Peterson et al., vol. 26, 2015, s. 367)

1. Addition – eleverna fick addera två fyrsiffriga nummer.
2. Subtraktion – eleverna fick subtrahera två fyrsiffriga nummer.
3. Multiplikation – eleverna skulle multiplicera ett tvåsiffrigt nummer med ett tresiffrigt nummer.
4. Nummerjämförelse

5. Logiskt tänkande - exempelvis grammatiskt resonemang
6. Akustisk korrekturläsning – där eleverna fick läsa text medan de lyssnade på en inspelad röst som läser texten högt, markerar de inslagna felen
7. Läsförståelse – eleverna läser text med flervalsfrågor
8. Kontrolläsning – Hitta grammatiska och logiska fel i en text (Wargocki et al., 2012, vol. 59, s. 583–584)

Petersen et al använde sig enbart av fyra av dessa tester i sin undersökning dvs 1, 4, 5 och 7. (Petersen et al., 2015, vol. 26, s. 370)

Testerna var speciellt utvecklade tillsammans med läraren så att svårighetsgraden på testerna var lämplig för elevernas nivå. Lärarna fick också lära ut eleverna hur de ska kunna lösa uppgifterna genom exempel. Upp emot 10 minuter fördelades det per test förutom på kontrolläsningens del då det ibland kunde ta upp emot 12 minuter. (Wargocki et al., 2012, vol. 59, s. 584)

Eleverna beskrev luften som fräschare när mer luftflöde utifrån tillfördes till klassrummen och ökade från 3,0–9,5 liter/s där eleverna visade sig prestera bättre när det kom till fyra numeriska test och två språkbaserade test. I ett av de numeriska testen visade sig dessutom andelen fel minska, noterade Wargocki et al. (Wargocki et al., 2012, vol. 112, s. 584)

I resultat från Sida 198 Wargocki et al, 2007 beskrivs hur typiska danska klassrum när under ett experiment luftflödeshastigheten ökades. I klassrummen fanns inga regler för om eleverna fick öppna fönsterna eller ej. Där uppfattade man hur ljudnivån från fläkten ökade. (Wargocki et al., vol. 13, 2007, s. 198)

Wargocki et al konstaterade att testet dock tydde på att ett fördubblat luftflöde utifrån skulle förbättra prestationen inom skolarbetet när det kommer till snabbhet med 8%. Hade man dock bara använt sig av enbart data från de tester som påvisade signifikant påverkan av fördubblat luftflöde hade resultatet visat 14%. Å andra sidan skulle inte förändring av luftflödeshastigheten påverka fel i testen procentuellt konstaterar Wargocki et al. Hälsomässigt verkade eleverna generellt inte påvisa några symptomrelaterade förändringar dock. (Wargocki et al., 2012, vol. 59, s. 584)

Detta kan jämföras med Petersens analys.

Petersens et al. syfte med sin metod var att tillägga till den begränsade vetenskapen som finns kring hur inomhusmiljöer påverkar prestationsförmågan för elevernas skolarbete. Fokuset låg på att undersöka effekterna av en ökad ventilationshastighet, indikerat av den reducerade CO₂-koncentrationen inomhus. Metoderna är baserade på Wargockis et al. undersökningar fast något modifierade. (Petersen et al., 2015, vol. 26 s. 367)

Analysen av det totala stickprovet på Petersens tester antydde på att andelen rätt svar hos eleverna i testerna signifikant förbättrades i alla fyra prestationstesten - addition (6,3%

förbättrade resultat), nummerjämförelse (4,8%), grammatiskt resonemang (3,2%) och läsförståelse (7,4%), när tillförselshastigheten av uteluft ökade från genomsnittet 1,7 till 6,6 l/s per person. Det ökade luftflödet från uteluft hade inga signifikanta effekter på antalet fel på någon av prestationstesterna. Till skillnad från Wargockis resultat så kunde Peterson få ut resultaten från enkäten angående elevers uppfattning av inneklimat rapporterade SBS-symptom, och motivation antydde att klassrumsluften uppfattades som mer stilla och eleverna upplevde mindre ögonsmärta i recirkulationstillståndet jämfört med friskluftstillståndet. (Petersen et al., 2015, vol. 26, s. 366)

Resultaten av de här två är jämförbara med resultaten i kontorsbyggnader och hur människor i sina yrkesmiljöer, det vill säga kontor, upplever effekter av koldioxid rent hälsomässigt. Studien av Satish et al. som utfördes i Berkeley, Kalifornien gick ut på att bedöma de direkta effekterna av ökade CO₂-nivåer inom gränsområdet inomhuskoncentrationer (beslutsfattande förmåga studerades). (Satish et al., 2012, vol. 120, s. 1671)

I undersökningen blev 22 deltagare i experimentet blev exponerade för CO₂ vid 600, 1000 och 2500 ppm när de befanns sig i en kontorsliknande kammare uppdelade i sex olika grupper. Varje grupp exponerades för dessa förhållandena i tre 2,5-timmars sammanträden. Alla utfördes under 1 dag med exponeringsordningen balanserat över grupperna. Testerna utfördes klockan 09:00-11:30, följt av en timmes rast där de åt en egen lunch, följt av fler sammanträden. 12:30-15:00 och 16:00-18:30. Mellan alla sammanträden fick de en timmes rast utanför exponeringskammaren. (Satish et al., 2012, vol. 120, s. 1671)

Områdena som studerades var nio olika uppgifter som alla analyserades för att få ut ett resultat (Satish et al., Vol. 120, s. 1673)

Vid 600 ppm kom CO₂ från uteluften och deltagarnas respiration. Högre koncentrationer uppnåddes genom att injicera ultraren CO₂. Ventilationshastigheten och temperaturen hölls konstant hela tiden. Under varje förhållande fick deltagarna göra ett test på datorn angående beslutsfattande prestation och också svara på en enkät angående hälsorelaterade symptom och upplevelse av luftkvaliteten. (Satish et al., 2012, vol. 120, s.1671)

När de tillförde koldioxid till miljön höjdes värdet från 660 ppm till 1000 eller 2500 ppm. För att undvika att halterna ökade till över 5000 ppm hade de installerat en funktion som begränsar koldioxidinförseln vilket gjorde att Satish et al kunde få ut sitt resultat. (Satish, et al., vol. 120, 2012, s. 1671)

Deltagarna och administratören för testerna var omedvetna om CO₂-nivåerna. Datan de fick ut analyserades med ett ANOVA-test. (Satish et al., 2012, vol. 120, s.1671)

Relativt till 600 ppm vid 1000 ppm CO₂, fick de en måttlig och statistisk signifikant minskning i 6 av 9 områden de studerade för prestation inom området beslutsfattande. Vid 2500 ppm skedde stora och statistiskt signifikanta minskningar i sju områden inom prestation (beslutsfattande (testresultatets förhållande)), Råa värden – 0,06–0,56. Prestationen inom fokuserad aktivitet ökade dock. (Satish et al., vol. 120, 2012, s. 1671, 1674.)

Försökspersonerna som i testet befann sig i kontorsliknande kammare fick uppleva förändringar i koldioxidhalter i experimentet. Tillförsel av koldioxid höjde värdet från 660 ppm till 1000 eller 2500 ppm. För att undvika att halterna ökade till över 5000 ppm hade de installerat en begränsande funktion för inflödet vilket gjorde att Satish et al kunde få ut sitt resultat. (Satish, et al., vol. 120, 2012, s. 1671)

I försöket försäkrade försökspersonerna att de inte var rökare där 1 hade astma och 5 rapporterade eksem, hösnuva eller allergi för damm eller mögel. Diagrammen tydde på att det fanns en tydlig relation mellan just de resultaten och CO₂-nivåer för alla prestationstesten förutom för fokuserad aktivitet och informationssökning i kontorsmiljön där man mätte en dramatisk minskning vid 2500 ppm för prestation inom beslutstagande. (Satish et al, 2012, vol. 120. s. 1674), (Wargocki et al., 2012, s. 583–584). För sju av nio områden uppfattade man för beslutsfattande (vanlig aktivitet, applicerad aktivitet, uppgiftsorientering, initiativ, informationsanvändning, närmande av bredd och vanlig strategi), medelvärdet visade en nedgång när CO₂-koncentrationerna ökade där alla p-värden låg under värdet 0,002. (Satish et al., 2012, vol 120, s. 1674)

Satish et al. Slutsatser: En ökning av CO₂-koncentrationer inomhus som orsakats från tillförsel av den ultrarena koldioxiden visade på statistiskt signifikant minskning av prestation inom området” beslutsfattande”. (Satish et al., 2012, vol 120, s. 1677)

Vidare kom en annan studie fram till hur SBS-symptom kunde kopplas till just CO₂. Dai-Hua Tsai et al. studie vars syfte var att undersöka om det finns ett samband mellan CO₂ och SBS-symptom fick också liknande i deras mätningar av SBS i kontorsmiljöer där den mest förekommande symptomen var ögonirritation, över luftvägssymtom och icke specifika symptom. Den generaliserade uppskattningsmodellen (GEE) visade att arbetare var troligare att uppge att de kände av mer ögonirritation eller övre luftvägsproblem om de blev exponerade för koldioxidnivåer högre än 800 ppm. (Dai-Husa Tsai et al., 2012, vol. 9, s. 345)

Studien skedde på en kontorsbyggnad i Hsinchu, Taiwan. 121 Arbetare blev utvalda för testet där de fick svara på en enkät om SBS under två perioder (augusti och november år 2003). 10 av de utfrågade svarade dock inte på enkäten den andra perioden utan bara 111 stycken. (Dai-Husa Tsai et al., 2012, vol. 9, s. 346–347).

Efter det användes en Chi²-test för att kategorisera variablerna. Det gjordes med hjälp av att bedoma de kontinuerliga variablerna för båda perioderna med hjälp av ett t-test. (Dai-Husa Tsai et al., 2012, vol. 9, s. 346)

I centret av kontorsplanen, på ett tomt bord vid arbetarnas andningszon-nivå placerades prover i höjd på ungefär 1,1 meter. Under de båda perioderna mättes den relativa fuktigheten, temperaturen och CO₂-nivåerna inuti kontoret kontinuerligt från 09:00 till 18:00 (12:00-13:00

exkluderades då arbetarna hade lunch) under en hel arbetsdag med hjälp av en IAQ meter. (Dai-Husa Tsai et al., 2012, vol. 9, s. 346)

Deras slutsats blev att koldioxidhalterna över 800 ppm kunde kopplas till SBS-symptom i kontorsmiljön från studien, speciellt ögonrelaterade symptom och över respirationssymptom (som var högre hos personer med allergier). (Dai-Husa Tsai et al., 2012, vol. 9, sid. 350–351)

Enligt Wargockis studie från 2002 visade att SBS-symptom lättare kommer upp om uteluftsflödet in låg under 25 l/person. (Wargocki et al, 2002, vol. 12, s. 4)

Alla dessa faktorer om koldioxid - Det tyder dock på att just prestation är en av de faktorer som påverkas negativt av höjda halter koldioxid. Bara ett av Wargockis kontrolläsningstester självt visade tydligt att prestation försämrades vid halter kring 3000 ppm. Andra test som gjordes på andra ställen visade att om man systematiskt utsätter personer för 1000 ppm koldioxid under en arbetsdag försämrades deras prestation. Det testet de utförde där var ett så kallat SMS-test som står för Strategic Management Simulation. Ett test som examinerar högre ordning av kognitiva färdigheter. (Wargocki et al, 2016, vol. 112, s. 363)

Experimentet som utfördes av Wargocki et al 2016 kunde inte bekräfta att CO₂ har någon större effekt på prestation inom mer än rutinbaserat arbete. Inte heller kunde de påvisa några fysiologiska effekter för exponering av väldigt höga halter CO₂ - 4900 ppm (som låg nära gränsvärdet för exponering). (Wargocki et al, 2016, vol. 112, s. 363)

4. Diskussion

Denna studie har tolkat de effekterna ifrån förhöjda koldioxidhalter i skolmiljöer och kontor. Resultaten från studierna pekar alla åt samma håll. Koldioxid har en negativ effekt på människors prestationsförmåga som involverar problemlösning och koncentrationsförmågor.

Vissa studier fokuserade mer på SBS än andra vilket är kanske varför det inte finns lika mycket data om symptomen.

4.1 Metoddiskussion – Referat

Litteraturen som användes för att få ut resultatet berodde främst på de sökord jag hade tagit fram i början av studien. Det jag märkte först efter att jag hade börjat skriva resultatdelen var att under den här perioden skedde en hel del avgränsningar. Avgränsningar som hade kunnat dra nytta av mer specifika sökord. Arbetet var från början mer omfattande och bredde sig ut över flera olika ämnen inom inomhusmiljön som fukt, ventilationssystem, buller, kemikalier och liknande. Under tiden avgränsade jag uppsatsen ganska mycket vilket gjorde en hel del av litteraturen jag från början använde mig av irrelevant.

Eftersom avgränsningar var viktiga då det här arbetet är en kandidatuppsats gick det ner till att handla om enbart koldioxid i skolmiljöer och kontor. Litteratursökningen hade varit lättare om jag hade haft samma syfte och frågeställningar från början. Eftersom sökningen skedde just via LUBsearch har litteraturen enbart kommit från Lunds universitetsbibliotek. Jag känner efter arbetet att det hade varit en fördel att undersöka källor för resultatskrivningen på andra platser också. Av rena säkerhetsskäl använde jag mig enbart av LUBsearch.

Jag stötte på problem som uppstod när jag använde mig av ett begränsat antal artiklar som enbart fokuserar på koldioxid i inomhusluften och det är att de i större grad inte reflekterar över andra potentiella faktorer som kan påverka SBS-symptom såsom temperatur och fuktighet.

Något som jag hade kunnat ta större hänsyn till var geografisk plats. I min metod beskrev jag att jag inte skulle begränsa mig geografiskt och det var eftersom jag inte kunde hitta många artiklar från Sverige just då. Jag utgick därför av tester gjorde runt om i världen. Wargockis et al och Petersens et al studier i Skandinavien, Yalcin et al i Turkiet, Satish et al. i USA och Tsai et al. i Taiwan.

Alla dessa länder ligger ganska långt ifrån varandra och skolorna/kontorsmiljöerna skiljer sig naturligt ifrån varandra. De flesta av artiklarna framför inte direkt någon ålder på byggnaderna men man kan utgå från att de inte byggdes samtidigt. Luftflödet och inte minst uteklimatet spelar roll i hur resultatet blir.

I framtiden skulle jag själv ändra mitt sökande genom att börja avgränsa så tidigt som möjligt innan jag lägger energi på att söka efter litteratur. Hade jag gjort så här så hade jag kanske inte behövt jämföra mätningar från runt om i världen utan enbart fokusera på Sverige (eventuellt EU).

4. 2 Resultatdiskussion

Eftersom forskarnas metoder som användes för att få ut resultat av hur elever och kontorsarbetare påverkas av koldioxid är ganska enformiga och lika varandra. Eftersom de till stor del går ut på att manipulera luften i miljön följt av svar på enkäter och statistisk analys går det att lita på dem.

Något som jag antog från början innan jag utförde litteraturstudien var att det skulle finnas ett samband mellan koldioxid och SBS-symptom och koncentration/mental produktivitet. Resultatet påvisade att det fanns samband som tydde på att mental prestation påverkades negativt av höjda koldioxidhalter i klassrum och kontor.

När det kommer till hur koldioxid påverkar fysiska SBS-symptom var det mindre tydligt. Symptom som beskrevs som upplevda av försökspersonerna var just

koncentrationssvårigheter och till viss del övre luftvägar och ögonirritation och till viss del huvudverk. SBS-kan kopplas till koldioxidhalter men huvudsakligen mentala effekter. De fysiska effekterna av just koldioxid orsakades av faktorer som ventilation, temperatur, farliga ämnen och fuktighet verkar styra just SBS-symptom mer. (Daniel Harju, 2015)

Studierna som beskrevs i resultatdelen visar på att ett ökat luftflöde i ventilationssystemet vilket medför minskad koldioxid i utbyte mot frisk luft kunde förbättra flera faktorer inom elevernas skolarbete (logiskt grammatiskt resonemang, addition, läsförståelse och nummerjämförelse (matematik)).

Vi kan se att koldioxid kan påverka den mentala prestationsförmågan hos personer. Frågan är om de testerna räcker för att få ut tillräckliga fakta som behövs för att konstatera exakt hur den verkligen påverkar vår prestationsförmåga och hälsa. En enkät är baserad till stor del på personlig uppfattning och inte på medicinska fakta.

En enkät kan inte exakt tala om ifall försökspersonerna verkligen påverkas negativt eller hur exakt de påverkas av just koldioxid och ventilation eftersom personlig upplevelse inte är medicinskt belagt.

Man har tagit hänsyn till personer med olika diagnoser såsom allergi och om de röker men även personer utan någon diagnos kan uppleva olika effekter av koldioxid. Vi är alla olika och upplever saker på olika sätt. För att säkra att en sådan studie ska vara mer tillförlitligt skulle fler faktorer behöva undersökas. Studier på personer skulle behöva vara mer detaljerade och längre.

Det finns också en annan faktor som kan spela roll och det är om personerna var medvetna om att ett test skulle utföras skulle de kanske inbilla hälsosymptom eftersom det var det de kanske väntade sig.

Metoderna tar inte någon hänsyn till människors psykologiska tillstånd före och under testerna. Psykisk ohälsa är något som kan påverka människors känslighet vilket kan leda till symptom som liknar SBS – Ex. koncentrationssvårigheter, huvudverk, etc. (Härfonden, 2017)

Eftersom denna aspekt inte tas till hänsyn kan man inte veta om det kanske beror på personliga anledningar som personer kanske presterar sämre eller inte bara på grund av koldioxidhalterna under undersökningen. För att åtgärda ett sådant problem kanske det skulle vara bra med att förbättra enkäterna. Få till fler variabler att undersöka, fler frågor om hur eleven/arbetaren känner sig psykiskt den dagen. Å andra sidan får man förstås ta etik till hänsyn. Det kanske inte lämpar sig att ställa personliga frågor i enkäter som handlar om SBS-symptom.

Vidare i några av undersökningarna blev resultaten för SBS-symptom inte lika tydliga som vid prestationsförsämring. Det var inte många symptom som uppmättes. I en av studierna uppmättes det att ögonirritation uppmättes när frisk luft tillfördes till eleverna medans inga symptom uppstod när man använde sig av återcirkulerad luft. SBS-symptom utöver detta var övre luftvägssymtom.

Trots att ändrad ventilationshastighet kunde påvisa effekt av symptom kan man inte vara helt säker på att det är just från koldioxiden. Att öka på ventilationshastigheten reducerar koldioxidvärdena men flödesändringarna kan också orsaka andra faktorer. Ökad ventilation, kan skapa otrevliga drag som kan orsaka SBS-symptom (Arbetsmiljöverket, 2018)

Symptom som redovisades i resultatet utöver ögonsymptom var övre luftvägsproblem. Studien visade dock att allergier spelar en faktor i hur SBS-symptom artar sig hos olika individer då det var personer med allergier som upplevde SBS-symptom i form av luftvägsproblem högre grad

Personer utan allergier upplevde också SBS-symptom men eftersom det var starkare hos personer med allergier kan det tyda på att just allergier är en stor faktor i hur känslighet för koldioxidhalter utspelar sig hos människor. En annan tanke jag hade var att om man tog mer hänsyn till hur olika människors hälsotillstånd spelar roll innan undersökningen utöver allergier kan påverka resultaten.

Tillexempel verkar Petersons eller Satish (et al.) studie inte finna några övre luftvägssymtom till skillnad från och Tsais (et al.) studier.

Wargocki nämner SBS-symptom men inte mycket mer specifikt än så. Det kan bero på att SBS-symptom är ett brett koncept och att när personerna svarade på enkäterna så kanske inte övre luftvägssymtom fanns med.

Att lösa dessa problem kräver resurser som kanske inte är så lätta att få tillgång till. För att lösa dessa problem kan det vara nödvändigt att revidera ventilationssystemen i byggnaderna. Det kan också vara nödvändigt att ändra vanorna i hur skolorna och kontoren hanterar ventilationsflödena, temperatur och tillgång till frisk luft.

Det kan vara ett bättre alternativ än att införa ett helt nytt ventilationssystem som skulle kunna bli kostsamt att installera. För att göra så måste man först väga fördelarna mot nackdelarna. Är ventilationen ny eller gammal eller är effekterna av koldioxiden så pass dåliga att det gör det lönsamt eller inte?

Hur stor hänsyn ska man ta till personer som är extra känsliga? Blir det mer lönsamt eller kostsamt att installera system i flera skolor och kontorsmiljöer som inte ha ett idealt luftflöde. Detta är alla frågor som man kanske borde tänka mer på när man gör en sådan här studie. Studierna har tagit hänsyn tillexempel om personerna har allergier eller om de röker men inte till att människor helt enkelt är olika individer och att vi alla är olika känsliga för olika miljöer. Ett gränsvärde på 1000 ppm är bara en siffra och behöver inte betyda att alla personer klarar av så höga nivåer utan hälso- och prestationseffekter.

Sist vill jag nämna att alla dessa länder ligger ganska långt ifrån varandra och skolorna/kontorsmiljöerna skiljer sig naturligt ifrån varandra. De flesta av artiklarna framför inte direkt någon ålder på byggnaderna men man kan utgå från att de inte byggdes samtidigt. Ventilationssystemen och inte minst uteklimatets påverkan spelar roll i hur resultatet blir.

Klimatet kan spela en faktor i hur personer märker av skillnader i koldioxid också. Klimatet i Turkiet skiljer sig markant från klimatet i Sverige/Danmark, USA och Taiwan. Enligt Köppens klimatklassifikation har Turkiet en Csa-klassifikation vilket står för *Temperate dry and hot summer-climate*, Hsinchu, Taiwan har Cfa (*Temperate without dry season Hot summer*), Berkeley, Kalifornien har Csb (*Temperate Dry and Warm Summer*) medan Sverige/Danmark har klassifikationen Dfb som står för *Cold without dry season warm summer-climate*. (M. C. Peel et al., 2007, s. 1636, 1639, 1641)

Klimatskillnaderna bidrar naturligt med skillnader i hur skolornas temperatur värms upp och de effekter som orsakas av det. Sverige

Sverige som använder sig av värme betydligt mer än de varmare länderna ger under vintern en minskad relativ fuktighet inomhus (som mäts i procent) vilket gör luften torrare och på så vis kan orsaka samma SBS-symptom som koldioxid plus irriterad hud på ett sätt som inte ett varmt land som Turkiet, Taiwan eller delstaten Kalifornien får. (SVT, 2016), (SMHI, 2013) Eftersom SBS-symptom kan orsakas av just torrare luft borde man ha haft det med sig när man utförde experimenten. Det blir då plötsligt svårare att dra slutsatser om SBS-symptom orsakas av den torra luften eller koldioxid eller både och, speciellt i studierna som utfördes under de kallare månaderna kan det vara en viktig sak att ta hänsyn till.

5. Slutsatser

Slutsatserna blir att koldioxid har en betydande effekt på prestation hos individer och en roll i de hälsorelaterade problem som uppstår när koldioxidhalten blir för hög. luftomsättning och dess hastighet har en betydande effekt på hur man upplever sin miljö och både ventilationen i kombination med koldioxid gjorde att personer upplevde miljön på olika sätt. Eftersom det fanns en del skillnader i hur SBS-symptom artar sig hos olika individer kanske det vore bättre om framtida studier specificerade SBS-symptom tydligare i sina resultat.

Sammanfattning:

- Koldioxid har en negativ påverkan på elevers och kontorsarbeters mentala prestationsförmåga
- SBS-symptom som övre luftvägssymptom och ögonsymptom kunde uppmätas
- Luftflödet spelare en stor roll i hur koldioxiderna ackumuleras i miljöerna och på så vis hur SBS-symptom artar sig.

Tack!

6. Referenser

1. Arbetsmiljöverket, 2018, ”Risker med dålig ventilation”
<https://www.av.se/inomhusmiljo/luft-och-ventilation/risker-med-dalig-ventilation/>
2. Arbetsmiljöverket, AFS 2009:2, uppdaterad 2018, ”Arbetsplatsens utformning – Arbetsmiljöverkets föreskrifter om arbetsplatsens utformning samt allmänna råd om rillämpningen av föreskrifterna”, s. 9, 50, paragraf 16
<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/arbetsplatsens-utformning-foreskrifter-afs2009-2.pdf>
3. Dai-Hua Tsai, Jia-Shiang Lin, Chang-Chuan Chan, 2012, “Office Workers’ Sick Building Syndrome and Indoor Carbon Dioxide Concentrations”, 2012, Vo. 9, s. 345-347
4. Daniel Harju, 2015, “Patienter med Sick Building Syndrome-symtom tas inte på allvar” https://www.umu.se/nyheter/patienter-med-sick-building-syndrome-symtom-tas-inte-pa-allvar_5819745/
1. Gunnel Bjerneroth Lindström (1177 Vårdguiden), 2005, ”Luftvägar och lungor”
<https://www.1177.se/Uppsala-lan/Tema/Kroppen/Cirkulation-och-andning/Luftvagar-och-lungor/>

2. Hjärnfonden, 2017, ”Stress och stressrelaterad psykisk ohälsa – Ett bakgrundsmaterial från Hjärnfonden” https://www.hjarnfonden.se/wp-content/uploads/2017/12/171214_M_Stress_bakgrundsmaterial.pdf
3. Ingemar Samuelsson, Boverket, 1998, ”Kriterier för sunda byggnader och material” https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/1998/kriterier_for_sunda_byggnader_och_material.pdf
4. Karolinska institutet, 2015, ”Är artikeln peer reviewed?” <https://kib.ki.se/whatsup/blog/ar-artikeln-peer-reviewed>
5. M. C. Peel, B. L. Finlayson, T. A. McMahon, Hydrology and Earth System Sciences, 2007, ”Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification”, Vol. 11, s. 1636, 1639, 1641 <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf>
6. Nesibe Yalçın, Deniz Balta, Ahmet Özmen, 2017, “A modeling and simulation study about CO2 amount with web-based indoor air quality monitoring”, Vol. 26, s. 1393, 1396, 1398
7. Nils Blom, Folkhälsomyndigheten, 2014, ”Folkhälsomyndighetens allmänna om ventilation” <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/641784832543443ea4eebe9b300c244e/fohmfs-2014-18.pdf>
8. SMHI, 2013/2018, ”Luftfuktighet – Relativ luftfuktighet” <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910> Luftfuktighet
9. Pawel Wargocki, David P. Wyon, 2012, “Providing better thermal and air quality conditions in school classrooms would be cost-effective”, Vol. 59, s. 581, 583-584
10. Pawel Wargocki, David P. Wyon, 2016, “Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork”, Vol. 112, s. 363

11. Pawel Wargocki, David P. Wyon, 2007, "The Effects of Moderately Raised Classroom Temperatures and Classroom Ventilation Rate on the Performance of Schoolwork by Children (RP-1257), Vol. 12, Number 2, s. 198-199
12. P. Wargocki, J. Sundell, W. Bishcof, G. Brundrett, P. O. Fanger, F. Gyntelberg, S. O. Hanssen, P. Harrison, A. Pickering, O. Seppänen, P. Wouters, 2002," Ventilation and health in non-industrial indoor environments: Report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN), Vol. 12, s. 4
13. SMHI, 2013/2018, "Luftfuktighet – Relativ luftfuktighet"
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910> Luftfuktighet
14. S. Petersen, K. L. Jensen, A. L. S. Pedersen, H. S. Rasmussen, 2015, "The effect of increased classroom ventilation rate indicated by reduced CO₂ concentration on the performance of schoolwork by children", Vol. 26, s. 366-368
15. SVT Nyheter, 2016, "Torr luft inomhus"
https://www.svt.se/vader/fragor_och_svar/torr-luft-inomhus
16. Usha Satish, Mark J. Mendell, Krishnamurthy Shekhar, Toshifumi Hotchi, Douglas Sullivan, Siegfried Streufert, William J. Fisk, 2012, "Is CO₂ and Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance", Vol. 120, s. 1671, 1673, 1674, 1677