



## **EN JÄMFÖRELSE AV BERÄKNINGSNODER AVSEENDE ENERGIEFFEKTIVITET OCH FÖRMÅGAN ATT BERÄKNA FLYTTALSOPERATIONER I ETT MICROSOFT HPC-KLUSTER**

Examensarbete inom huvudområdet Datalogi  
Grundnivå 15 högskolepoäng  
Vårtermin 2012

Marcus Kronlund

Handledare: Jakob Ahlin  
Examinator: Göran Falkman

**En jämförelse av beräkningsnoder avseende energieffektivitet och förmågan att beräkna flyttalsoperationer i ett Microsoft HPC-kluster**

Examensrapport inlämnad av Marcus Kronlund till Högskolan i Skövde, för Kandidatexamen vid Institutionen för kommunikation och information. Arbetet har handletts av Jakob Ahlin och examinerats av Göran Falkman.

**2012-06-03**

Härmed intygas att allt material i denna rapport, vilket inte är mitt eget, har blivit tydligt identifierat och att inget material är inkluderat som tidigare använts för erhållande av annan examen.

Signerat: \_\_\_\_\_

## Sammanfattning

Beräkningskluster används exempelvis till vädersimuleringar eller produktsimulering. Microsoft HPC-kluster tillhandahåller två olika typer av beräkningsnoder var av den ena är Computenod, som körs med operativsystemet Windows Server 2008 R2, och den andra är Workstationnod, som körs med operativsystemet Windows 7.

Arbetets syfte är att jämföra operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 för att se om de presterar likartat som en beräkningsnod. Detta avgörs med avseende på energieffektivitet samt hur de presterar i Linpack. Linpack är ett prestandaverktyg som mäter ett beräkningsklusters beräkningsförmåga i flyttalsoperationer per sekund. Studien utförs genom en experimentell metod. Några studier om att operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 presterar likartat finns inte. Därför motiveras det till att verifiera hypotesen att de ska prestera likartat inom beräkningskluster. Eftersom båda operativsystemen är byggda på Windows NT 6.1, bör de prestera likartat (Microsoft msdn, 2012).

Studier av Narayan och Shi (2009, 2010) visar att operativsystem presterar olika med TCP och UDP protokollen. De visar även att operativsystemen presterar olika på applikationslagret. En annan studie av Abouelhoda och Mohamed (2009) visar att valet av operativsystem påverkar resultaten för deras testverktyg, WinBioinfTools. Testverktyget utvärderades på Linux-kluster och Microsoft HPC-kluster. Sottile och Minnich (2004) visar i sin studie att beräkningsförmågan påverkas av operativsystemen.

Bidraget för denna studie är att administratörer ska kunna använda resultaten som underlag när de ska motivera valet av vilken typ av beräkningsnod som ska väljas till ledningen i organisationer eller företag.

Resultatet visar att operativsystemen presterar ungefär lika efter att vissa processer har stängts av i Windows 7. De processer som stängts av körs inte på operativsystemet Windows Server 2008 R2 utan endast på Windows 7. En slutsats som dras är att processerna som körs påverkar resultaten. Processerna bör därför stängas av om de inte är nödvändiga för företaget eller organisationen. Stängs onödiga processer av, ökar energieffektiviteten och prestandan för beräkningsklustret vilket medför att bidraget till den globala uppvärmningen minskar eftersom energin går åt till att beräkna uppgifterna och inte onödiga processer.

**Nyckelord:** Microsoft HPC, Kluster, Energieffektiv, Windows 7, Windows Server 2008 R2.

## **Förord**

Jag vill tacka min handledare respektive examinator Jakob Ahlin och Göran Falkman för det stöd och handledning som de har gett mig i detta arbete. Tack även till Ingemar Karlsson som har bidraget till att detta ämne blev intressant som ett examensarbete. Till sist vill jag tacka min familj Virpi och Ludvig Kronlund för all förståelse och stöd de har gett mig.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Design av beräkningskluster .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Arkitekturen för Microsoft High Performance Computing .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>Linpack.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4</b>	<b>Relaterad forskning .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Problem .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Problemprecisering .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Avgränsning.....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Metod .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>Val av metod .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2</b>	<b>Uppbyggnad av laborationsmiljön .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3</b>	<b>Utvärdera klustersystemen .....</b>	<b>14</b>
<b>4.4</b>	<b>Analys.....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Resultat .....</b>	<b>15</b>
<b>5.1</b>	<b>Första testscenariot.....</b>	<b>15</b>
<b>5.2</b>	<b>Andra testscenariot .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Analys .....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>26</b>
<b>8</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>27</b>
<b>9</b>	<b>Reflektion .....</b>	<b>28</b>
<b>10</b>	<b>Framtida arbeten.....</b>	<b>29</b>

# 1 Inledning

Behovet av en superdator eller beräkningskluster kommer förmodligen alltid att finnas. Dessa beräkningskluster kan exempelvis användas till beräkningar av hur en lastbilshytt reagerar i en krock eller, enligt Wang, Wang & Wang (2010), till vädersimuleringar, kärnkraftssimuleringar, bildbehandling samt beräkning av avancerade problem. Ett beräkningskluster består av flera sammanlänkande datorer där kraften från alla används för att beräkna den uppgift som tilldelas klustret. I juni 2011 utsågs ett nytt kluster som det mest kraftfulla i världen. Klustret kallas K Computer och finns installerat i Kobe, Japan. I november 2011 lyckades K Computer inte bara behålla sin ledning utan även öka i prestanda från cirka  $8 \cdot 10^{15}$  flyttalsberäkningar per sekund (petaflop/s) till 10,51 petaflop/s med sina 705024 kärnor och 1410048 Gigabyte ram-minne fördelade på 88128 centralprocessorer i 864 rack. Resultaten kommer från prestandaverktyget Linpack som är accepterat av TOP500 Supercomputer Sites och används för att kunna kvalificera sig in till en placering på TOP500-listan. Samtidigt som K Computer är nummer ett på TOP500-listan är det även en av de mest energieffektiva med  $830 \cdot 10^6$  flyttalsberäkningar per sekund per förbrukad watt (Mflops/Watt) (TOP500 Supercomputer Sites, 2011). Beräkningsklustret K Computer som är energieffektivt gör av med lika mycket watt per timme som en genomsnittlig lägenhet i Sverige gör av med på ett år, omkring 12000 kWh (Eon, 2012). Att göra beräkningar på ett mer energieffektivt kluster kan alltså spara miljontals kronor jämfört mot ett beräkningskluster som inte är energieffektivt.

Narayan och Shi (2009, 2010) visar i sina studier att det finns skillnader mellan operativsystem med avseende på genomströmning, latens och tur- och returtid för ett datapaket. Skillnaderna som påvisas genom studien är att operativsystem ger olika resultat med olika versioner av Internetprotokoll. De visar att valet av operativsystem påverkar resultaten och inte bara Internetprotokollet (Narayan & Shi, 2010). Enligt Narayan och Shi (2009) finns det skillnader mellan operativsystem vad gäller applikationslagret. Applikationerna som de har studerat med avseende på genomströmning, latens samt tur- och returtid är DNS, Counter Strike och Quake III Arena. Applikationerna testas med Internetprotokoll versionerna 4 och 6. Testerna visar att det är skillnader mellan operativsystemen Windows Server 2008 och Windows 7 med de olika applikationerna. Till exempel visar Windows 7 bättre resultat för genomströmning i Quake III-applikationen men sämre i DNS-applikationen med Internetprotokoll version 4 gentemot Windows Server 2008. För tur- och returtiden visar Narayan och Shi (2009) att Windows Server 2008 har lägre tid än Windows 7 i Counter Strike. Däremot har Windows 7 lägre tur- och returtid än Windows Server 2008 i Quake III.

En annan studie har gjorts av Abouelhoda & Mohamed (2009) där de drar slutsatsen att operativsystemet kan vara orsaken till skillnaden i deras test. Testet var att utvärdera hur verktyget WinBioinfTools presterar på ett Microsoft HPC-kluster jämfört med på ett Linux-kluster. En tredje studie av Feng, Feng & Ge (2008)

diskuterar hur viktigt det är att tänka på energieffektiviteten i designfasen. Hur energieffektivt ett kluster kan bli beror på många saker, bland annat hur effektmedveten ett operativsystem är (Feng, Feng & Ge, 2008). En fjärde studie visar att sammankopplingen mellan noderna i ett beräkningskluster kan vara en flaskhals för beräkningsklustret och därför kan höghastighetssammankopplingar som fiber behövas (Shainer, Gutkind, Lee, Kagan och Kliteynik, 2009).

Eftersom operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 är byggda på samma arkitektur, det vill säga Windows NT 6.1 (Microsoft msdn, 2012), och det enda som verkar skilja dem åt är vad det är för funktioner som följer med i grundinstallationen (Morimoto, Noel, Droubi, Mistry, & Amaris, 2010). Gör att hypotesen att operativsystemen ska prestera likartat kan hålla.

Syftet med det här arbetet är att jämföra operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 för att avgöra om de presterar likartat med avseende på hur de beräknar flyttalsoperationer och energieffektivitet genom att beräkna hur många flyttalsoperationer per watt beräkningsnoderna klarar av. För att kunna uppnå syftet har avgränsningar gjorts (beskrivs vidare i kapitel 3.2). Beräkningsnoderna som kommer analyseras är Workstationnod med operativsystemet Windows 7 och Computenod med operativsystemet Windows Server 2008 R2 i ett Microsoft High Performance Computing (HPC)-kluster.

Eftersom studierna som har tagits upp tidigare framlägger resultat som pekar på att det finns skillnader men även likheter mellan operativsystemen, kommer denna studie bidra med en verifiering av att operativsystemen presterar likartat som beräkningsnoder i ett Microsoft HPC-kluster. Det är bra för administratörerna att känna till om det finns prestandaskillnader för operativsystemen när ett beräkningskluster ska designas. Denna studie handlar det om att ta reda på hur operativsystemen presterar samt vad som kan påverka prestationsförmågan för beräkningsnoder i ett Microsoft HPC-kluster. Resultaten av studien kan användas av administratörer som en del av motiveringen till ledningen varför just dessa operativsystem ska väljas till beräkningsnoder i ett Microsoft HPC-kluster. Administratörerna bör inte basera sitt val enbart av denna studie utan se denna studie mer som ett komplement, en variabel att ta med i beräkningen. Organisations- eller företagsledningarna kan även använda sig av resultatet från denna studie för att kunna avgöra ifall ett Microsoft HPC-kluster är något som de ska satsa på.

Den experimentella metoden används till studien för att kunna svara på problempreciseringen. Studien delas in i tre faser och de är uppbyggd av laborationsmiljön, utvärdera klustersystemen och analysering av resultaten.

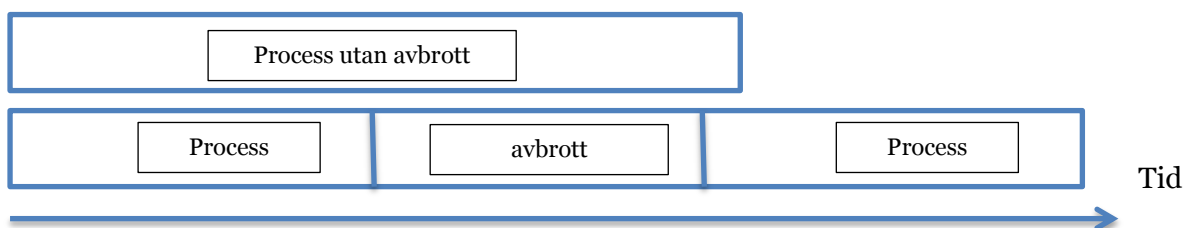
## 2 Bakgrund

Ett beräkningskluster är en samling av datorer som tillsammans utför ett arbete. Ett arbete kan enligt Wang m.fl. (2010) exempelvis vara att beräkna fram väderförändringar i en vädersimulator.

I detta kapitel kommer arkitekturen för ett Microsoft HPC-kluster förklaras. Prestandaverktyget som kommer användas för att resultat ska kunna genereras beskrivs därefter. Till sist kommer även relaterad forskning att diskuteras.

### 2.1 Design av beräkningskluster

Det finns flera aspekter att tänka på när ett beräkningskluster ska designas. En av aspekterna är vilken hårdvara som ska väljas. Det är en aspekt eftersom det finns hårdvaror som är mer energieffektiva än andra hårdvaror (Cameron, Ge & Feng, 2005). En sådan hårdvara kan vara centralprocessorerna. Om det ska designas ett energieffektivt beräkningskluster bör det väljas centralprocessorer som är energieffektiva. Om det är beräkningsförmågan som är viktig bör centralprocessorerna väljas utefter det. Sammankopplingen är en annan aspekt som det behöver ta hänsyn till. Hänsyn bör beaktas eftersom valet av vilken sammankoppling kan påverka beräkningsklustrets prestanda (Shainer, Gutkind, Lee, Kagan & Kliteynik, 2009). En tredje aspekt är valet av operativsystemen. Där olika operativsystem kan vara uppbyggda på olika sätt, exempelvis schemalaggeningen som avgör vilka arbeten (Feng, Feng & Ge, 2008) som ska få tillgång till vilka resurser och när. Ett önskvärt operativsystem är ett operativsystem som inte stör beräkningarna i ett beräkningskluster (se Figur 1). Genom att minimera, onödiga processer som förbrukar resurser, kernel-kod och hårdvaran, minskar störningarna för beräkningsklusteret. Fördelarna med att minimera hårdvaran är dels för att slippa hårdvaruavbrott samt att tillförlitligheten ökar för beräkningsklusteret (Sottile & Minnich, 2004).



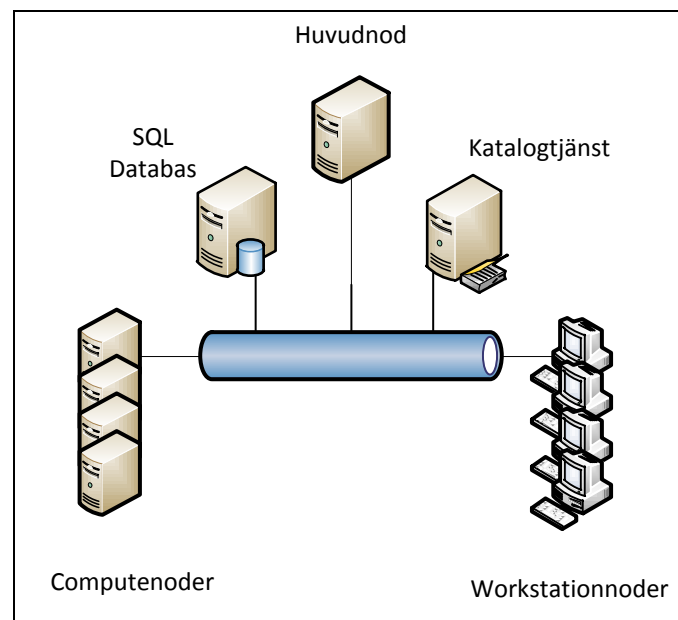
Figur 1 Illustrerar hur avbrott påverkar processerna genom att det tar längre tid för processerna att bli klar.

Det är klokt att undersöka hur effektmedvetet eller energieffektivt ram-minnet, lagringen, nätaggregatet, operativsystemen och kylningen med mera är (Feng, Feng & Ge, 2008). Om dessa aspekter uppmärksammas kan kostnaderna hållas nere och onödiga kostnader uteblir.



## 2.2 Arkitekturen för Microsoft High Performance Computing

I ett Microsoft HPC-kluster finns det olika komponenter som tillsammans utgör klustret. Komponenterna som finns är en Huvudnod, Workstationnod och Computenod (Microsoft, 2012) som är sammanlänkade med nätverkskablar (se Figur 2). Det finns fler tillvägagångssätt att sammanlänka noderna, men dessa kommer inte att diskuteras i denna studie eftersom det finns studier som har utvärderat det (Shainer, Gutkind, Lee, Kagan & Kliteynik, 2009). I kapitlet 3.2 kan det läsas mer om varför sammanlänkningen inte tas med i studien. Det finns även en SQL-databas och en katalogtjänst. En databas definieras enligt Elmasri & Navathe (2007) som en samling av relaterad data. Elmasri och Navathe klargör det genom att skriva "... a database has some source from which data is derived, some degree of interaction with events in the real world, and an audience that is actively interested in its contents." (Elmasri & Navathe, 2007, s. 5). Databasens roll är att lagra data om management, arbetsplaneringen, rapporteringen och diagnostiken för beräkningsklustret (Microsoft TechNet, 2012b). Katalogtjänsten innehåller information om objekt i en domän. En domän består av en samling datorer samt säkerhetsgrupper som är anknutna till datorerna. Datorerna samt säkerhetsgrupperna behandlas som en enhet (Russinovich & Solomon, 2005). Huvudnoden och beräkningsnoderna måste vara medlemmar i en katalogtjänst (Microsoft TechNet, 2012b). I det stora hela ansvarar katalogtjänsten för kommunikationen mellan användare och domäner. Den hanterar autentiseringen det vill säga kontrollerar identiteten av användaren samt katalogsökningar (Microsoft TechNet, 2012c).

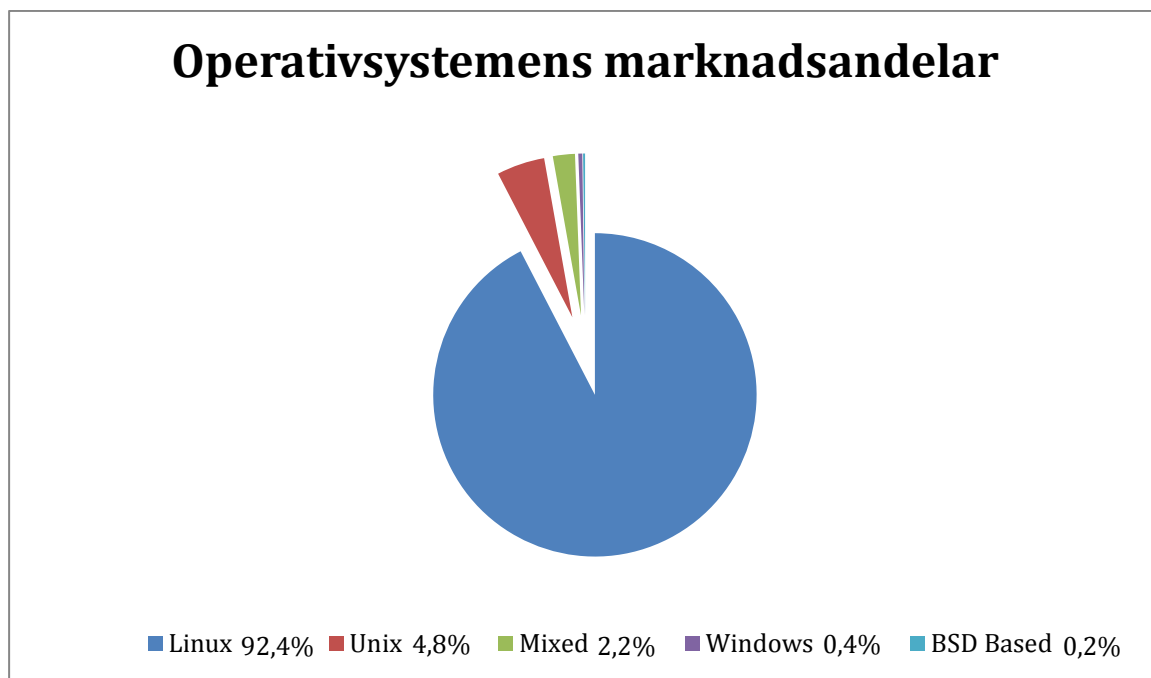


Figur 2 Arkitekturen för Microsoft HPC.

Huvudnoden för klustret hanterar uppdelningen och fördelningen av jobben till beräkningsnoderna (Microsoft, 2012). Huvudnoden är den centrala managementnoden för klustret. Den kontrollerar och förmedlar all åtkomst till resurserna i klustret, övervakar jobb och status för beräkningsnoderna. Huvudnoden

tillhandahåller även rapporteringen om jobbaktiviteterna och noderna (Wang, Wang & Wang, 2010). Huvudnodens operativsystem är Windows Server 2008 R2 HPC (Microsoft Technet, 2012b).

I Figur 3 kan det ses att Windows HPC-kluster endast har 0,4 % av marknadsandelarna för beräkningsklustren som har kvalificerat in sig på Top500-listan. Med andra ord är det bara 2 stycken beräkningskluster som enbart består av operativsystem från Windows. Däremot finns det beräkningskluster med mixade operativsystem exempelvis Windows och Linux (TOP500 Supercomputer Sites, 2011). Microsoft har försökt att slå sig in på marknaden i flera år men har inte lyckats att erövra marknadsandelar. Microsoft satsar på en helhetslösning där administratörerna inte behöver spendera extra tid och pengar för att implementera beräkningsklustret i den befintliga infrastrukturen som är bestående av Microsoftprodukter. Microsoft anser att deras Windows HPC-klusterprodukt ska passa en bredare kundkrets och genom det vinna marknadsandelar (Microsoft News Center, 2010).



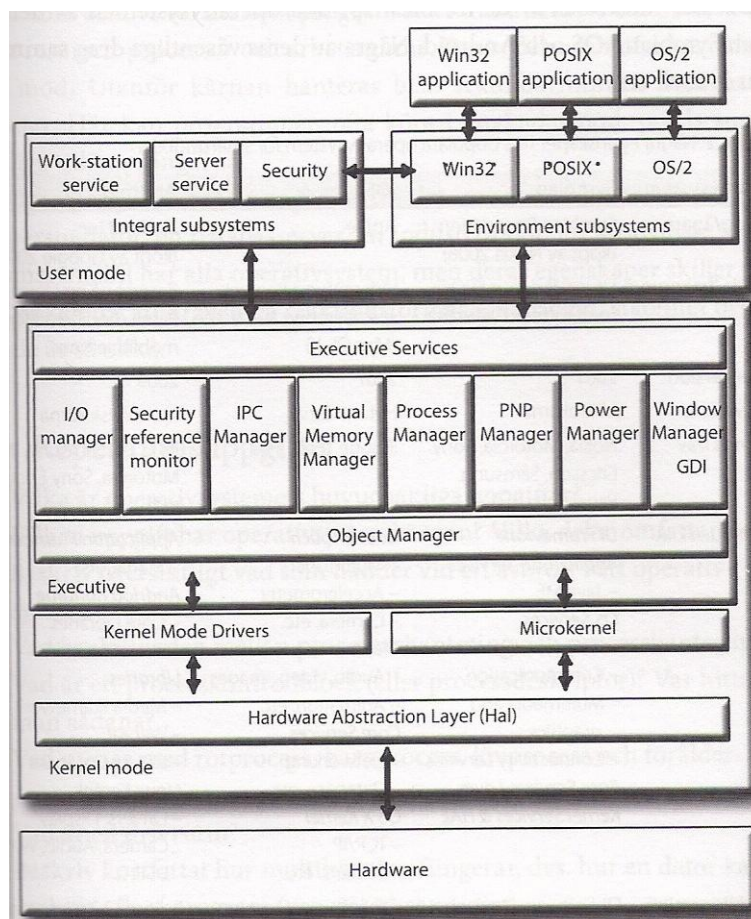
Figur 3 Windows HPC-klusters marknadsandelar baserat på Top500 listan i juni 2012.

En Workstationnod har operativsystemet Windows 7 installerat och är ansluten till HPC-domänen. Workstationnoder kan användas till andra uppgifter och är inte dedikerad som enbart beräkningsnod i klustret. Workstationnoderna kan konfigureras så att de bara används av klustret till exempel när tangentbordet eller musen har varit inaktiva en viss tidsperiod (Microsoft Technet, 2012a).

Computenoden är till för att utföra jobben som den blir tilldelad av huvudnoden (Microsoft, 2012). Operativsystemet som är installerat på Computenoden är

Windows Server 2008 R2 (Microsoft Technet, 2012b). Computenoden har inget annat syfte än att utföra beräkningar på det tilldelade jobbet.

Operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 är båda uppbyggda på samma arkitektur (se Figur 4). Arkitekturen som de är uppbyggda på är Windows NT versionsnummer 6.1 (Microsoft msdn, 2012). Windows NT släpptes den 27 juli 1993 och är ett 32-bitars operativsystem, vilket gjorde operativsystemet till en strategisk affärsplattform som stödjer avancerade tekniska och vetenskapliga program. Windows NT första versionsnummer är 3.1 och med tiden har Windows NT utvecklats där det senaste versionsnumret är 6.1. Med andra ord Windows Server 2008 R2 som är ett 64-bitars operativsystem och Windows 7 som finns både som 32-bitars och 64-bitars (Windows Microsoft, 2012). Arkitekturen för Windows NT består av HAL (Hardware Abstraction Layer) som ligger närmast hårdvaran. HAL består av programvara som har uppgiften att abstrahera bort egenskaperna för processorn, vilket gör att operativsystemet kan köras på olika processorer utan att behöva skriva om delar av operativsystemet. Ovan för HAL ligger kernel-mod och user-mod. Kernel-mod kan exekvera alla instruktioner medan i user-mod är vissa instruktioner blockerade. Det ger mer säkerhet till operativsystemet (Lunell, 2011).



Figur 4 Arkitekturen för Windows NT versionsnummer 6.1 (Lunell, 2011).

Windows Server 2008 R2 är skapad för att vara ett effektivt serveroperativsystem. Där Windows Server 2008 R2 liknar Windows 7 i ikoner, menyer och verktygsfält.

Windows 7 är ett klientoperativsystem där funktioner som multimedia och Aero 3D medföljer i grundinstallationen. En teknik som är förbättrad i Windows Server 2008 R2 är effektmedvetenheten där operativsystemet kan stänga av kärnor som inte används. Det vill säga om servern har 4 kärnor och 2 av dem används till beräkningar kan operativsystemet stänga av de andra två. På det sättet blir operativsystemet mer energieffektivt (Morimoto, Noel, Droubi, Mistry, & Amaris, 2010).

## 2.3 Linpack

Prestandaverktyget Linpack kom till mer som av en tillfällighet. Prestandaverktyget var utformat för att hjälpa användare av Linpack-paketet genom att ge information om hur lång tid det tar för system att utföra linjära ekvationer. Linpack-paketet är till för att lösa varierande system av linjära ekvationer. En dators prestanda beror på många aspekter bland annat applikationen, minnesåtkomstförmågan, algoritmen, storleken på problemet, implementationen, operativsystemen med mera (Dongarra, Luszczek & Petit, 2002). Det finns prestandaverktyg som utvärderar aspekterna minnesåtkomstförmågan och dataöverföringsförmågan (Guodong & Xiangdong, 2010) medan Linpack utvärderar beräkningsförmågan. Därför ska resultaten från prestandaverktyget Linpack inte användas för att mäta hela beräkningsklustrets prestanda, utan mer som en aspekt att ta med i beräkningarna för hela beräkningsklustret. Linpack mäter prestanda genom att ta reda på hur många flyttalsoperationer per sekund systemet kan beräkna och ger resultatet i form av Megaflops (Mflops) eller den enhet som passar bäst (Dongarra, Luszczek & Petit, 2002). Prestandaverktyget används av vetenskapsmän över hela världen som vill mäta systemets förmåga att beräkna flyttalsoperationer (Guodong & Xiangdong, 2010). Linpack ger en bra fingervisning hur pass bra ett system kan prestera, men för vissa applikationer kan den ge ett för högt värde. Det anses ändå att Linpack gör en bra bedömning på hur bra ett systems prestanda är (Dongarra, Luszczek & Petit, 2002). Linpack används i denna studie för att kunna jämföra systemen på samma premisser som används för att hamna på TOP500-listan och att Linpack har i stort sett blivit ett standardiserat sätt att mäta och jämföra prestanda hos beräkningskluster.

I denna studie används programmet Lizard som är designat för Windows HPC-kluster som i sin tur använder sig av Linpack för att beräkna prestandan. Programmet rapporterar topprestandan i form av Gflops. Lizard körs som administrator på huvudnoden (Microsoft Technet, 2012d). När det skrivs att Linpack används i laborationen är det med hjälp av programmet Lizard.

## 2.4 Relaterad forskning

Shainer, Gutkind, Lee, Kagan och Kliteynik (2009) menar att sammankopplingen av noder kan bli en flaskhals för beräkningskluster. Därför behövs höghastighetssammankopplingar som till exempel fiber. De diskuterar även om användandet av fiber skulle kunna vara ett alternativ i praktiken, men menar på att priset är alldeles för dyrt i dagsläget.

Narayan och Shi (2010) har gjort studier om hur olika operativsystem presterar med IPv4- och IPv6-protokollen. Studien visar att genomströmning, latens och tur- och returtid för ett datapaket ger olika resultat beroende på vilket operativsystem som används. Narayan och Shi (2010) menar att det inte bara är Internetprotokollen som påverkar, utan även valet av operativsystem. Enligt Narayan och Shi (2009) existerar skillnader hos operativsystem på applikationslagret. I deras studie används applikationer som DNS, Counter Strike och Quake III Arena som utvärderas med avseende på genomströmning, latens samt tur- och returtid för data paket. Testerna har utförts med Internetprotokoll versionerna 4 och 6, där skillnader kan ses för olika operativsystem. Skillnaderna som kan ses är bland annat att Windows 7 har bättre genomströmning i Quake III än Windows Server 2008.

Abouelhoda och Mohamed (2009) analyserar skillnaderna mellan ett Windows HPC-kuster och ett Linux-kuster med hjälp av testverktyget WinBioinfTools. Deras studie visar att det var skillnad mellan klustren och de tror det kan bero på att operativsystemen är olika. WinBioinfTools är ett verktyg inom bioinformatik och är inte ämnat för att mäta prestanda på samma sätt som Linpack. Därför används inte WinBioinfTools som prestandaverktyg i föreliggande studie.

Feng, Feng & Ge (2008) diskuterar problemen med att superdatorer bidrar till den globala uppvärmningen och argumenterar för grön datoranvändning. Feng, et al. (2008) menar att designfasen för ett beräkningskuster är av vikt om driftskostnaderna ska hållas nere. De diskuterar vad som kan bidra till ett mer energieffektivt beräkningskuster. Slutsatsen de drar är att effektmedvetenheten kommer att behövas på flera plan, både i mikroarkitekturen och i operativsystem. Effektmedvetenheten kommer att finnas i de stora delarna i ett system, som exempelvis minnet, nätverket, strömkällan med mera, och på högre plan, exempelvis jobbschemaläggningen (Feng, Feng & Ge, 2008).

### 3 Problem

Prestanda i denna studie definieras som hur många flyttalsoperationer per sekund operativsystemen klarar av med prestandaverktyget Linpack och hur många flyttalsoperationer per watt beräkningsnoderna klarar av.

När ett företag eller en organisation ska implementera ett högpresterande kluster finns det många aspekter att beakta. Aspekter så som kostnad och prestanda är vanligt förekommande. Enligt Feng, Feng & Ge (2008) är energieffektiviteten en av dagens största IT-problem eftersom superdatorer eller beräkningskluster växer exponentiellt i storlek och förstärker hotet mot den globala uppvärmningen. Feng et al. (2008) menar att om det inte tas hänsyn till energiförbrukningen i designplanen så kan det resultera i höga driftskostnader och försämrad pålitlighet av klustret. Med klustrets pålitlighet avses det hur länge det kan köras innan något går fel. Feng et al. (2008) visar att beräkningskluster som är energieffektiva har bättre pålitlighet än de beräkningskluster som bara fokuserar på hastigheten. En av de bidragande prestandafaktorerna till att ett system ska vara energieffektivt kan vara operativsystemet som körs på beräkningsnoden (Feng, et al., 2008). Dessutom anser Abouelhoda & Mohamed (2009) att operativsystemen kan påverka prestandan för ett beräkningskluster.

Microsoft har kommit med en variant av beräkningsnod till sitt högpresterande kluster. Beräkningsnoden har operativsystemet Windows 7 installerat och kan även användas som en arbetsdator. Noden kallas för Workstation. Den andra sortens beräkningsnod kallas för Computenod och har Windows Server 2008 R2 installerat. En Computenod kan inte användas som en arbetsdator utan bara som beräkningsnod (Microsoft TechNet, 2012a). Eftersom operativsystemen är byggda på arkitekturen Windows NT 6.1 (Microsoft msdn, 2012) och att det enda som verkar skilja dem åt är vilka funktioner som följer med grundinstallationen (Morimoto, Noel, Droubi, Mistry, & Amaris, 2010). Eftersom operativsystem kan prestera olika, som Narayan och Shi (2009, 2010) påvisar i sina studier, kan valet av operativsystem för beräkningsnoderna vara av vikt. Dels för att få beräkningsjobben klara så fort som möjligt, om tiden är viktig. Om det däremot inte är viktigt att beräkningsjobben blir klara snabbt utan mer att de är energieffektiva, kan ett annat val av operativsystem vara mer passande. Dessutom finns det få studier som visar hur operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 presterar med avseende på energieffektivitet och beräkningsförmågan av flyttalsoperationer. Därför är det viktigt att undersöka operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 hur de presterar med avseende på energieffektivitet och beräkningsförmågan av flyttalsoperationer samt vad som skulle påverka prestationen. Dessutom finns det intresse för studier som denna, eftersom studien kan vara nytta för att hitta belägg för hypotesen att prestandaskillnaden mellan operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 är likartat. Det är även av intresse för administratörer att veta vad som kan påverka prestationsförmågan.

Huvudfrågan uppmärksammades när ett arbete utfördes åt en forskningsavdelning på Högskolan i Skövde. Arbetet i sig var att designa och implementera ett Microsoft högpresterande kluster, som forskningsavdelningen sedan skulle kunna installera på sina datorer med hjälp av en guide som skapades. Dessutom skulle möjligheterna att kunna implementera ett kluster på Högskolans arbetsdatorer analyseras. Analysen genomfördes och visade att det skulle vara möjligt om resurserna fanns. Arbetet utfördes i en laborationsmiljö. Som beräkningsnoder användes typen Workstation med operativsystemet Windows 7. Det var då huvudfrågan uppmärksammades och som ställdes av I. Karlsson (personlig kontakt, 14, november, 2011) från forskningsavdelningen på Högskolan i Skövde: *Vilken typ av beräkningsnod presterar bäst, en så kallad Workstation eller Computenod?* Vid den tidpunkten gjordes en sökning på Google av författaren till denna rapport men där hittades det inget svar på frågan. Vid en senare tidpunkt gjordes det sökningar i databaser för vetenskapliga artiklar, som IEEE Xplore, SpringerLink och ACM Digital Library, men inte heller där hittades svar på frågan. Därför är det motiverat att göra denna studie. Eftersom ett företag eller organisation vill hålla nere kostnaderna och samtidigt få ut så bra prestanda som möjligt blir det en balansgång mellan dessa mål. Genom att välja rätt operativsystem till beräkningsklustret kan kostnaderna minska genom att ett operativsystem är mer energieffektivare än andra, prestandan öka eller kanske en kompromiss mellan kostnaderna och prestandan. Valet kan bero på hur företaget eller organisationen ställer sig i frågan och vad de använder beräkningsklustret till. Om beräkningsklustret används till något där tiden är viktig måste ett svar från beräkningen komma så fort som möjligt. Konsekvenserna kan bli enorma om det tar tid. Ett sådant scenario kan vara inom vädersimulering, där meteorologerna undersöker en orkans förflyttning. Kommer orkanen komma över ett tätbefolkat område eller inte? I en sådan beräkning är prestandan på beräkningsklustret viktig, eftersom det kan handla om begränsad tid för att hinna evakuera människor. Ibland är tiden inte lika viktig och ett företag eller en organisation kan då nöja sig med en lösning med sämre prestanda, men som är mer energieffektiv och mer ekonomisk. Därför är en undersökning av prestandan samt energieffektivitet på Windows 7 och Windows Server 2008 R2 som beräkningsnoder av stor vikt, då undersökningen kan hjälpa företag eller organisationer välja rätt utefter deras behov. Består ett beräkningskluster utav flera hundra eller kanske tusentals noder kan priset för en beräkning bli en avgörande faktor för val av operativsystem och det bör beaktas redan i designfasen. I en tidigare studie visar Narayan och Shi (2010) att olika operativsystem presterar olika. Det gäller även Windows Server 2008 och Windows 7. Studien visar att operativsystemen presterar olika med TCP och UDP protokollen i IPv4- och IPv6-adressering. Narayan och Shi (2009) visar att operativsystemen även skiljer sig i applikationslagret och att det inte bara beror på vilken typ av trafik det är utan också vilket operativsystem det är. En annan studie av Abouelhoda & Mohamed (2009) visar att WinBioinfTools presterar olika på ett Microsoft HPC-kluster jämfört med ett Linux-kluster. Däremot finns det ingen studie om hur operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 presterar inom Microsoft HPC-kluster. Detta ökar motiveringen för att denna studie behöver göras. Studier som denna är av

intresse för att kunna hitta belägg för hypotesen att prestandaskillnaderna är likartade för operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2. Denna studie kommer bidra till bättre underlag för administratörer när de ska motivera valet av beräkningsnodstyp till ledningen i organisationer eller företag.

### 3.1 Problemprecisering

Frågorna som examensarbetet kommer besvara är:

*Hur presterar operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 som beräkningsnoder i ett Microsoft högpresterande kluster med avseende på energieffektivitet och beräkningsförmåga av flyttalsoperationer?*

*Vad i operativsystemen inverkar på eventuella skillnader i prestationsförmågan?*

### 3.2 Avgränsning

Studien kommer inte att utvärdera vilken typ av nätverkssammankoppling som presterar bättre eftersom det redan finns studier om det (Shainer, Gutkind, Lee, Kagan & Kliteynik, 2009). Tillvägagångsättet som klustret sammanlänkas på kan påverka beräkningsklustret i sin helhet (Dongarra, Luszczek & Petit, 2002). I denna studie kommer de olika beräkningsnoderna ha samma förutsättningar när det gäller nätverksammankopplingen för att eliminera möjliga variabler som kan påverka.

Nätverkstopologin ser annorlunda ut för olika organisationer och företag. Därför kommer inte olika nätverkstopologier analyseras i denna studie. Dessutom är det inte en viktig faktor i denna studie på grund av att det är olika typer av beräkningsnoder som ska jämföras med avseende på hur bra de beräknar flyttalsoperationer med prestandaverktyget Linpack. Resultatet av studien kan påverkas av nätverkstopologin ifall testerna utförs på olika topologier och av den orsaken kommer testerna att utföras på samma nätverkstopologi. Topologin som kommer användas beskrivs i kapitlet 4.2.



## 4 Metod

I detta kapitel kommer val av metod att presenteras samt varför den valda metoden anses vara den mest passande. Det diskuteras även hur studien ska få bättre trovärdighet och validitet. Studien delas upp i faserna uppbyggnad av laborationsmiljön, utvärdera klustersystemen och analysering av resultaten.

### 4.1 Val av metod

För att klara av att svara på problempreciseringsfrågan kommer den experimentella metoden användas. Berndtsson, Hansson, Lundell och Olsson (2008) beskriver denna metod som en implementering av ett system som testas med olika variabler.

Anledningen varför den experimentella metoden valts är att systemet Microsoft HPC-kluster kommer testas med variabler, där variablerna är Windows 7 och Windows Server 2008 R2. Variabeln Windows 7 kommer och kan endast vara installerad på Workstationnoderna medan variabeln Windows Server 2008 R2 kommer och kan endast vara installerad på Computenoderna. Därför kan det skrivas antingen Windows 7 eller Workstationnod och det har samma betydelse. Det samma gäller för Windows Server 2008 R2 och Computenod. Resultaten ifrån testerna kommer att analyseras. Eftersom ingen lösning eller förbättring ska tas fram används inte metoden implementering. Det bästa resultatet fås genom att utföra en experimentell studie.

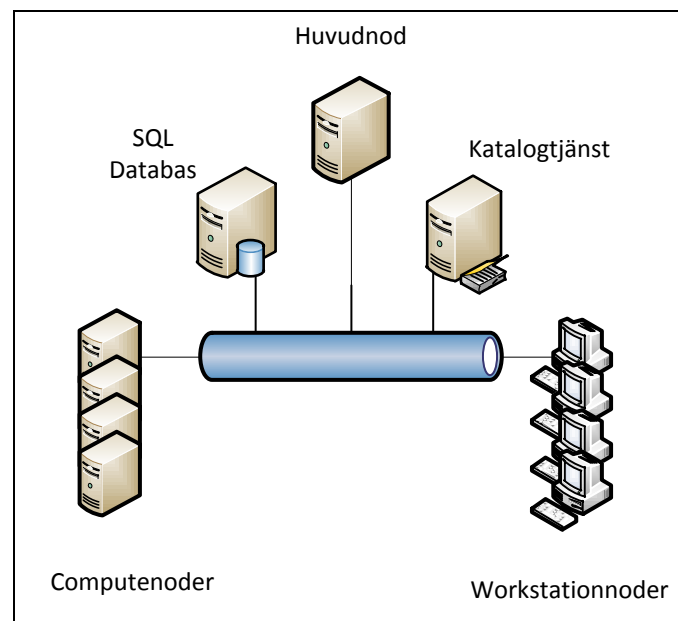
En alternativ metod kan vara litteraturstudie med teoretisk analys. Där informationen om operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 studeras genom vetenskapliga artiklar och relevanta böcker. Områdena som operativsystemen hanterar skulle behövas analyseras på detaljnivå. Områden som, hur operativsystemet hanterar hårdvaran, avbrotts hanteraren, processorhanteraren, minneshanteraren, drivrutinerna för de yttre enheterna och processorkommunikationen med mera måste analyseras (Lunell, 2011).

Genom att minimera topologin med att bara använda den nätverksutrustning som behövs för testmiljön utesluts flera möjliga faktorer som skulle kunna påverka resultatet. Genom att göra detta, samt att använda prestandaverktyg som används av organisationer för att placera sig på TOP500 listan, ökar validiteten och trovärdigheten. Detta görs eftersom Berndtsson m.fl. diskuterar att validiteten och trovärdigheten kan vara ett problem i den valda metoden. Dessutom kommer inga ytterliga tjänster att installeras på beräkningsnoderna än de som följer med grundinstallationen i respektive operativsystem. Detta val görs eftersom fler tjänster kan bidra till mer belastning för centralprocessorerna.

### 4.2 Uppbyggnad av laborationsmiljön

Undersökningen kommer att utföras i en kontrollerad laborationsmiljö. Där kommer ett beräkningskluster att sättas upp och konfigureras så att det är möjligt att få ut

värden genom prestandaverktyget Linpack. Laborationsmiljön kommer att bestå av en Windows HPC Server 2008 R2 som kommer att agera huvudnod i klustret. På huvudnoden installeras prestandaverktyget som ska mäta prestandan och ge resultat i form av flops som kommer att analyseras och diskuteras. På huvudnoden kommer även en SQL-databas, DNS- och katalogtjänst att installeras. Utan dessa tjänster kommer inte klustret att fungera. Det kommer finnas två typer av beräkningsnoder varav fyra stycken av varje typ (se Figur 5): Workstation med operativsystemet Windows 7 och Computenod med operativsystemet Windows Server 2008 R2. På alla nodtyper som är anslutna till huvudnoden kommer även mjukvaran HPC-pack med service-pack 2 att installeras. Det är HPC-packen som kopplar samman beräkningsnoden med huvudnoden. Beräkningsnodernas hårdvara kommer att vara samma oavsett vilken typ av nod det är. De har samma hårdvara därför att det ska ge en rättvis och korrekt mätning, då det är operativsystemen för en beräkningsnod som kommer att utvärderas, inte hårdvaran, eftersom bättre hårdvara ger bättre resultat. På grund av detta kommer noderna köras på samma hårdvaror. Gigabit Ethernet kommer att användas i denna studie för att länka ihop noderna och det används eftersom det är den utrustning som finns tillgänglig. I detta testscenario kommer centralprocessorerna att bestå av Core 2 Duo E6400 2.13GHZ som har två kärnor.



Figur 5 Logisk topologi med Workstation- och Computenoder.

Samma testscenario kommer utföras en andra gång fast med andra centralprocessorer, Core 2 Quad Q9400 2,66GHZ, som har fyra kärnor för att kunna se om resultaten blir samma. Det vill säga att både Workstation och Computenod kommer testas på samma hårdvaror i andra testscenariot, men hårdvaran kommer ha fler kärnor än hårdvaran i första testscenariot. Detta görs för att kunna analysera om antalet kärnor påverkar resultaten än om det görs bara en gång. Varje testscenario ska upprepas tio gånger vardera och medelvärdet från varje testscenario kommer att

användas i utvärderingen. Genom att testerna upprepas tio gånger kommer värdena ge ett mer pålitligt resultat än om de hade genomförts en gång. Mellan noderna och strömkällan placeras elmätare som kommer visa den verkliga elförbrukningen. Dessa elmätare kommer sedan läsas av löpande under varje test för att ge medelförbrukningen. Detta görs enligt Cameron, Feng, Feng, Ge, & Pyla (2007) guide för energimätning för placering på Green500 listan.

### **4.3 Utvärdera klustersystemen**

Linpack mäter hur bra beräkningsklustret löser flyttalsoperationer där resultaten representeras i formen flops. Det kommer även att utvärderas hur många flops per watt klustren klarar av. Prestandan, utläst från Linpack, divideras med medelenergiförbrukningen som utläses från elmätarna. Genom att utföra detta kommer ett resultat i form av flops/watt att ges.

### **4.4 Analys**

Resultaten från de olika testscenariorna kommer att jämföras med avseende på antalet flops som erhålls från prestandaverktyget Linpack och medelförbrukningen av watt. Utifrån jämförelsen, tillsammans med vetenskapliga källor, kommer det att analyseras fram svar på problempreciseringen.

## 5 Resultat

I detta kapitel kommer resultaten från utvärderingen av klustersystemen att presenteras och jämföras i diagram. Först presenteras resultaten för testerna som bestod av centralprocessorerna Core 2 Duo E6400 2.13GHZ och därefter kommer resultaten för det andra testetscenariot där centralprocessorerna bestod av Core 2 Quad Q9400 2,66GHZ.

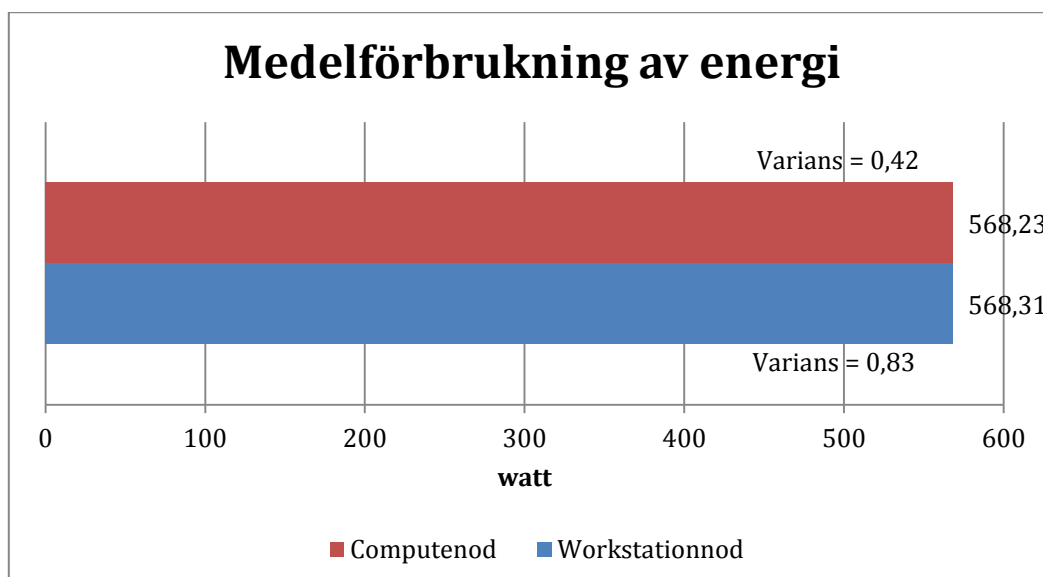
### 5.1 Första testscenariot

Energimätningen från de tio olika testerna i första testscenariot presenteras i Tabell 1. Tabellen visar att beräkningsklustren förbrukar ungefär lika mycket energi.

**Tabell 1** Resultaten från testerna för energiförbrukningen.

Test nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Workstationnod	568,53	567,55	568,21	568,91	570,45	568,66	567,38	568,72	569,29	569,05
Computenod	567,38	568,63	567,93	568,45	568,33	568,73	567,65	568,45	568,58	568,15

Resultaten visar (se Figur 6) att klustret som bestod av Workstationnoder hade en medelförbrukning på 568,31 watt medan klustret som bestod av Computenoder hade en medelförbrukning av 568,23 watt. Variansen i Figur 6 visar spridningen för respektive resultat. För Workstationnoderna är variansen 0,83 och för Computenoderna 0,42.



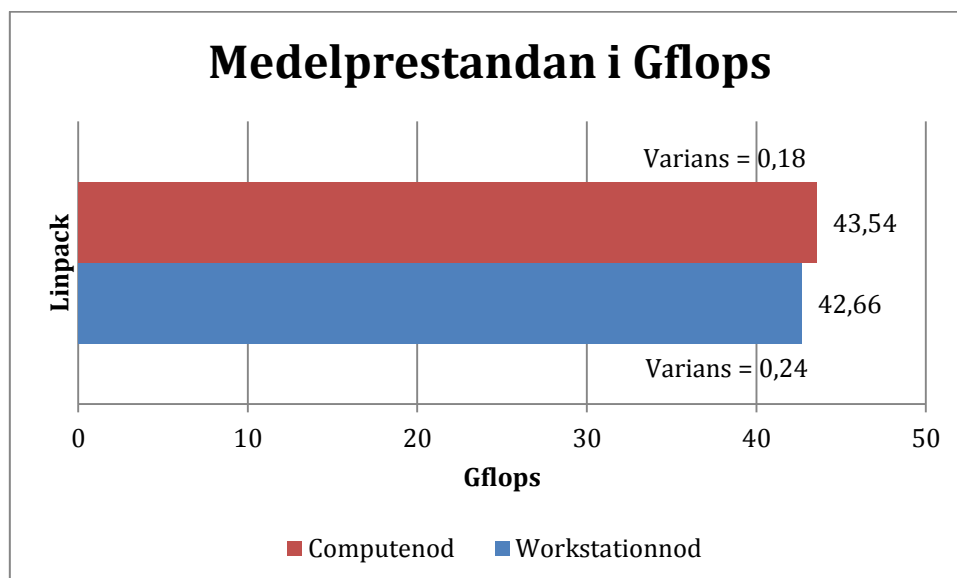
Figur 6 Medelförbrukningen i watt för Workstation- och Computenoder i ett beräkningskluster.

Ifrån prestandaverktyget Linpack erhöles resultat om hur snabbt de olika beräkningsnodtyperna klarade av att beräkna flyttalsoperationer. Resultaten varierade i de tio testerna (se Tabell 2) där variansen är 0,24 för klustret med Workstationnoder och 0,18 för klustret med Computenoder. Variansen från medelresultaten är liten, vilket gör att medelresultatet är trovärdigt. Det visar också att Computenoderna presterar bättre enligt prestandaverktyget Linpack än Workstationnoderna i alla de tio testerna.

**Tabell 2** Resultaten från testerna för Gflops prestandan.

Test nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Workstationnod	42,39	42,65	42,68	42,61	42,8	43	42,95	42,82	42,21	42,45
Computenod	43,6	43,57	43,75	43,66	43,66	43,69	43,64	43,17	43,37	43,33

Medelprestandan för klustret med Workstationnoderna är 42,66 Gflops och 43,54 Gflops med Computenoderna (se Figur 7). Resultatet visar att klustret med Computenoder är snabbare på att beräkna flyttalsoperationer i Linpack än vad Workstationnoder är. Skillnaden för beräkningsnodernas medelprestanda är 0,88 Gflops, vilket är en liten skillnad med tanke på att resultatet är baserat på fyra beräkningsnoder. Skulle medelprestandan splittas på de fyra beräkningsnoderna skulle varje beräkningsnod prestera strax över 10 Gflops. Då är 0,88 Gflops bara en tolfedel av en beräkningsnods beräkningskapacitet i Linpack. Därför är 0,88 Gflops en liten skillnad i detta sammanhang.



Figur 7 Medelprestandan i Gflops uttaget från Linpack för Workstation- och Computenoder.

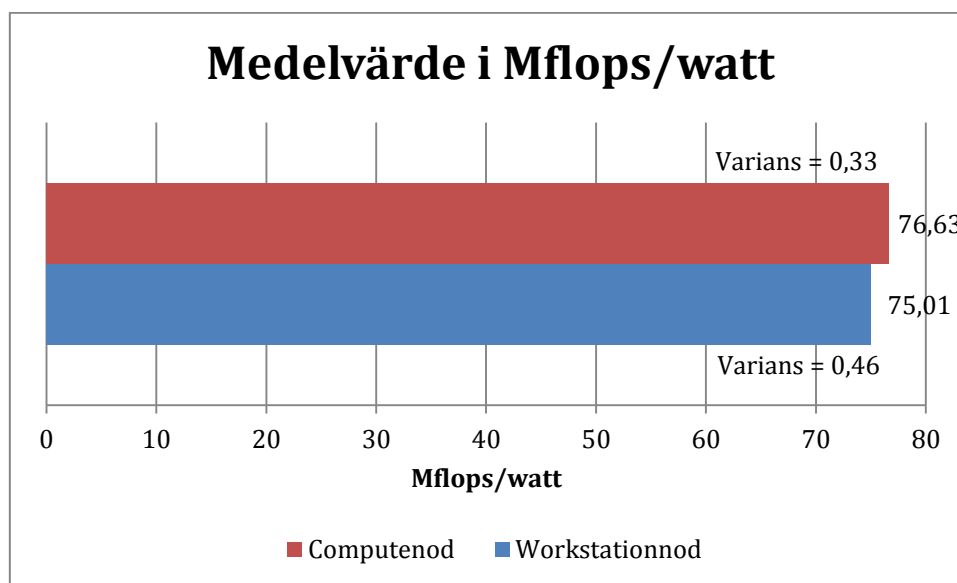
Ifrån de tio testerna i första testscenariot kan resultaten av medelenergiförbrukningen och medelprestandan från Linpack sammanställas till

Mflops/watt. För att få ut Mflops/watt delas Gflops resultaten för varje test med respektive medelenergiförbrukning (se Tabell 3).

**Tabell 3** Resultaten från testerna för Mflops/watt.

Test nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Workstationnod	74,56	75,15	75,11	74,90	75,03	75,62	75,70	75,29	74,15	74,60
Computenod	76,85	76,62	77,03	76,81	76,82	76,82	76,88	75,94	76,28	76,27

I tabell 3 visas att beräkningsklustret med Computenoderna har högre Mflops/watt än beräkningsklustret med Workstationnoderna i testerna. Medelvärdet för beräkningsklustret med Workstationnoderna är 75,01 Mflops/watt medan beräkningsklustret med Computenoderna är medelvärde på 76,63 Mflops/watt (se Figur 8). Variansen för testerna med Workstationnoderna är 0,46 och med Computenoderna 0,33. Variansen är låg vilket bidrar till att medelvärdena är pålitliga vilket ökar trovärdigheten i studien.



Figur 8 Medelvärden i Mflops/watt för de två olika beräkningsklustren med nodtyperna Computenod och Workstationnod.

I Figur 8 visar resultaten att beräkningsklustret med nodtypen Compute klarar av att göra fler flyttalsberäkningar per förbrukad watt än vad nodtypen Workstation klarar av. Skillnaden mellan de två typer av beräkningsnoder i medeltal är 1,62 Mflops/watt. Det vill säga att beräkningsklustret med Computenoderna gör 1620000 fler flyttalsberäkningar per watt än Workstationnoderna.

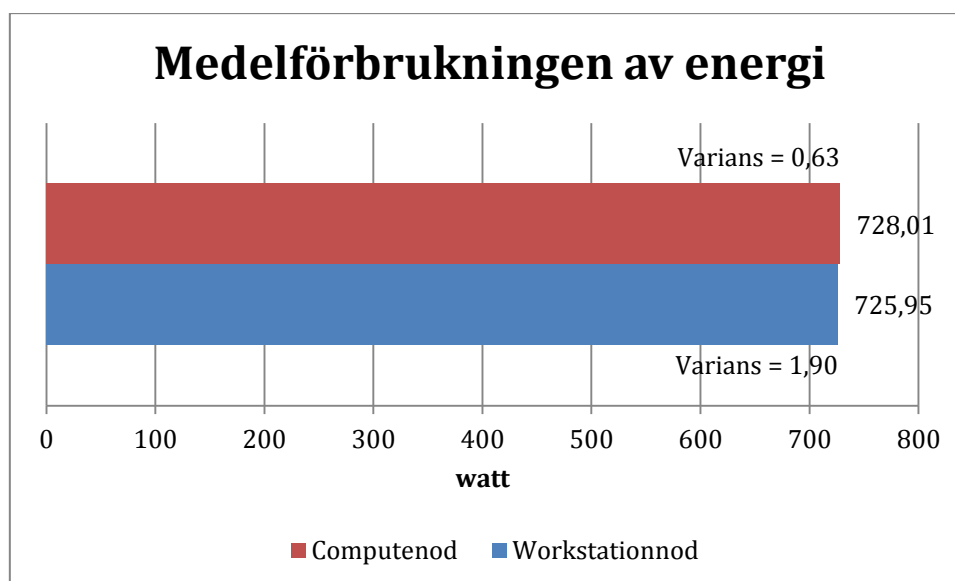
## 5.2 Andra testscenariot

I detta testscenario utfördes testerna på centralprocessorer som har fyra kärnor. Centralprocessorerna som användes i detta testscenario var Core 2 Quad Q9400 2,66GHZ. Energiförbrukningens medeltal för varje test kan ses i Tabell 4. Återigen visar resultatet (se Tabell 4 och Figur 9) att det är en liten skillnad vad de två olika beräkningsklustren förbrukar under en Linpack-körning.

**Tabell 4** Resultaten från testerna av energiförbrukningen.

Test nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Workstationnod	726,81	724,43	724,66	724,34	722,87	727,05	724,57	727,97	728,36	728,42
Computenod	728,34	728,22	727,74	727,22	728,26	727,43	727,71	728,33	727,38	729,48

Energiförbrukningen för beräkningsklustret med Workstationnoderna har en medelförbrukning på 725,95 watt medan beräkningsklustret med Computenoderna har en medelförbrukning på 728,01 watt (se Figur 9). Skillnaden mellan dem är 2,06 watt. Variansen för testerna med Workstationnoderna är 1,90 vilket är den största variansen för alla tester men ändå låg. För Computenoderna är variansen 0,63 vilket även där är lågt.



Figur 9 Medelförbrukningen i watt för Workstation- och Computenoder i ett beräkningskluster.

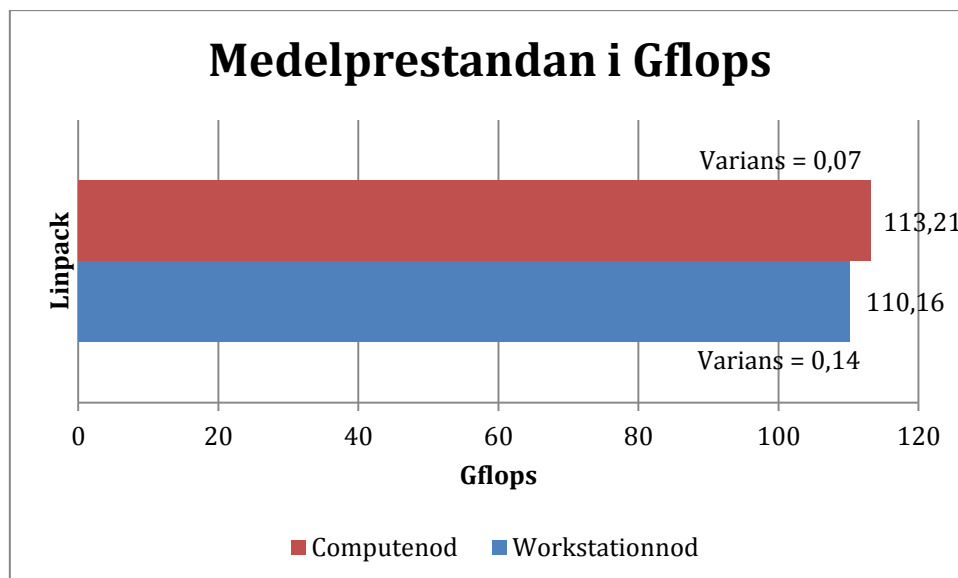
Prestandamätningen från de tio olika testerna i det andra testscenarioet presenteras i Tabell 5. Där visas resultaten i form av Gflops. Utifrån tabellen visas det att beräkningsklustret med Workstationnoderna presterar lägre än vad beräkningsklustret med Computenoderna gör i prestandaverktyget Linpack. Variansen som visas i Figur 10 visar att skillnaden mellan testerna för respektive

nodtyp är liten. Variansen för Workstationnoderna är 0,14 och för Computenoderna 0,07 vilket gör att medelvärdet är trovärdigt och kan representera hur mycket varje beräkningsnodstyp presterar i Linpack.

**Tabell 5** Resultaten från testerna för Gflops-prestandan.

Test nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Workstationnod	110,1	110,4	110,3	110,3	110,1	109,9	110,2	110	110,2	110,1
Computenod	113,3	113,2	113,2	113,3	113,2	113,1	113,2	113,3	113,2	113,1

Medelprestandan för beräkningsnoderna Workstation är 110,16 Gflops och för Computenoderna 113,21 (se Figur 10). Det som visas i Figur 10 är att Computenoderna presterar bättre än Workstationnoderna i prestandaverktyget Linpack. Skillnaden mellan dessa två olika beräkningstypsnoder är 3,02 Gflops.



Figur 10 Medelprestandan i Gflops uttaget från Linpack för Workstation- och Computenoder.

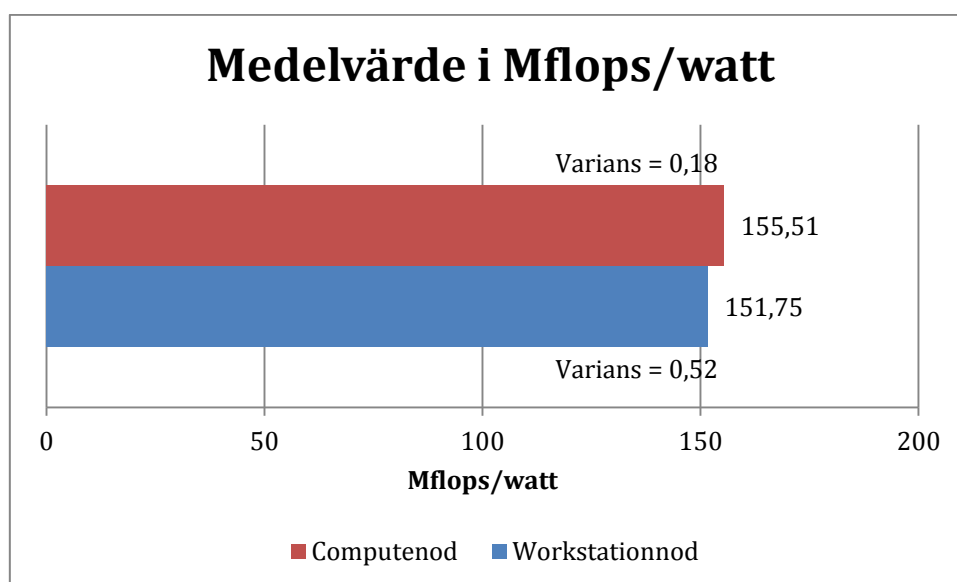
Genom att dividera Gflops-värdet med respektive medelförbrukning från de tio testerna visas det hur många flyttalsoperationer beräkningsklustren klarar av att prestera per watt. Mflops/watt-värdet för varje test visas i Tabell 6. Där kan det ses att Workstationnoderna har lägre Mflops/watt värde i testerna än vad Computenoderna. Variansen för testerna med Workstationnoder är 0,52 och för Computenoderna 0,18. Vilket visar att det är låg varians på testerna och det bidrar till att medelvärdet är trovärdigt.



**Tabell 6** Resultaten från testerna för Mflops/watt.

Test nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Workstationnod	151,48	152,40	152,21	152,28	152,31	151,16	152,09	151,10	151,30	151,15
Computenod	155,56	155,45	155,55	155,80	155,44	155,48	155,56	155,56	155,63	155,04

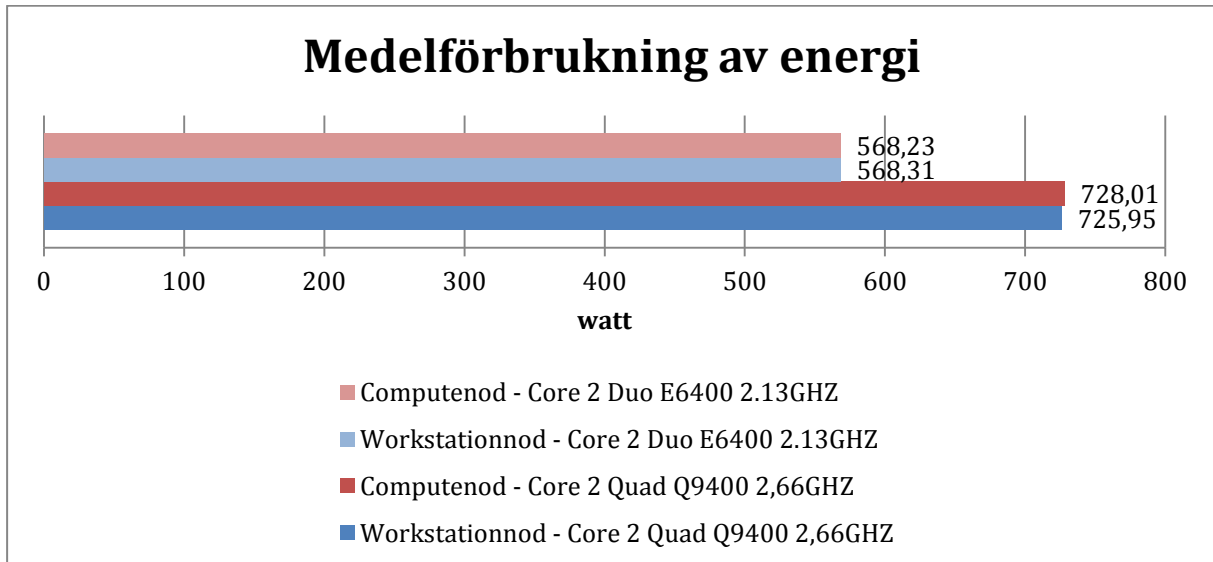
Medelvärdet för beräkningsklustret med Workstationnoderna är 151,75 Mflops/watt och för beräkningsklustret med Computenoderna är det 155,51 Mflops/watt (se Figur 11). Med dessa värden visas det tydligt att ett beräkningskluster med Computenoder presterar fler flyttalsoperationer per watt än ett beräkningskluster med Workstationnoder. Skillnaden mellan beräkningsnodstypernas medelvärde i Mflops/watt är 3,76 Mflops/watt. Computenoderna klarar av att göra 3 760 000 fler flyttalsoperationer per watt än Workstationnoderna klarar av.



Figur 11 Medelvärden i Mflops/watt för de två olika beräkningsklustren med nodtyperna Computenod och Workstationnod.

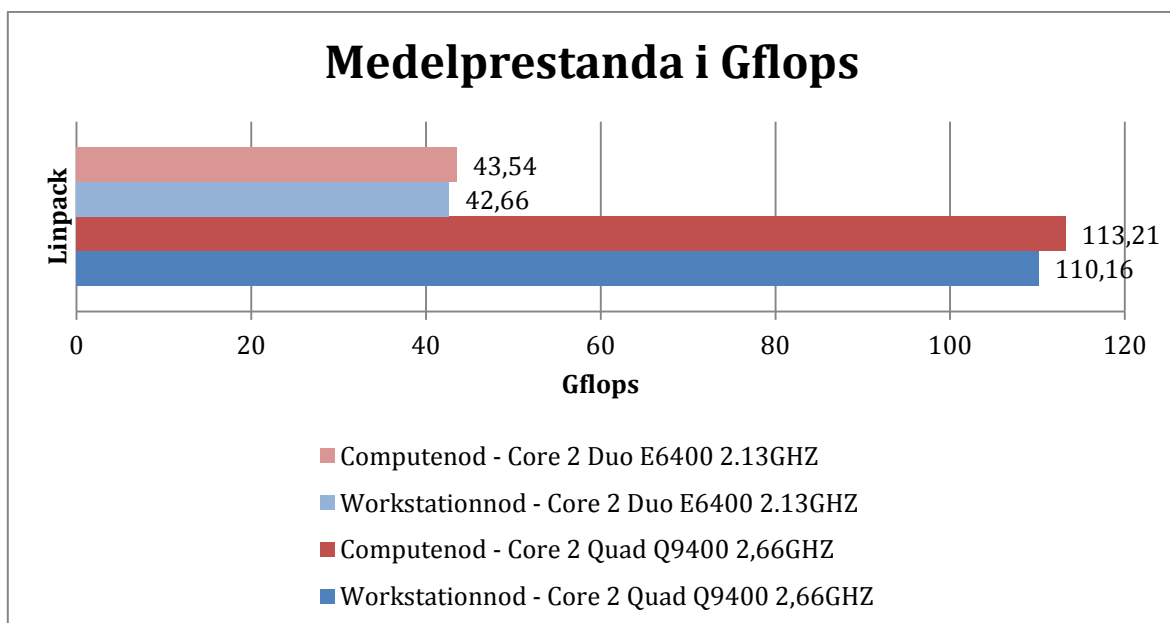
## 6 Analys

I Figur 12 visas det att båda operativsystemen förbrukar ungefär samma mängd energi. Vilket antyder att skillnaden inte är signifikant.



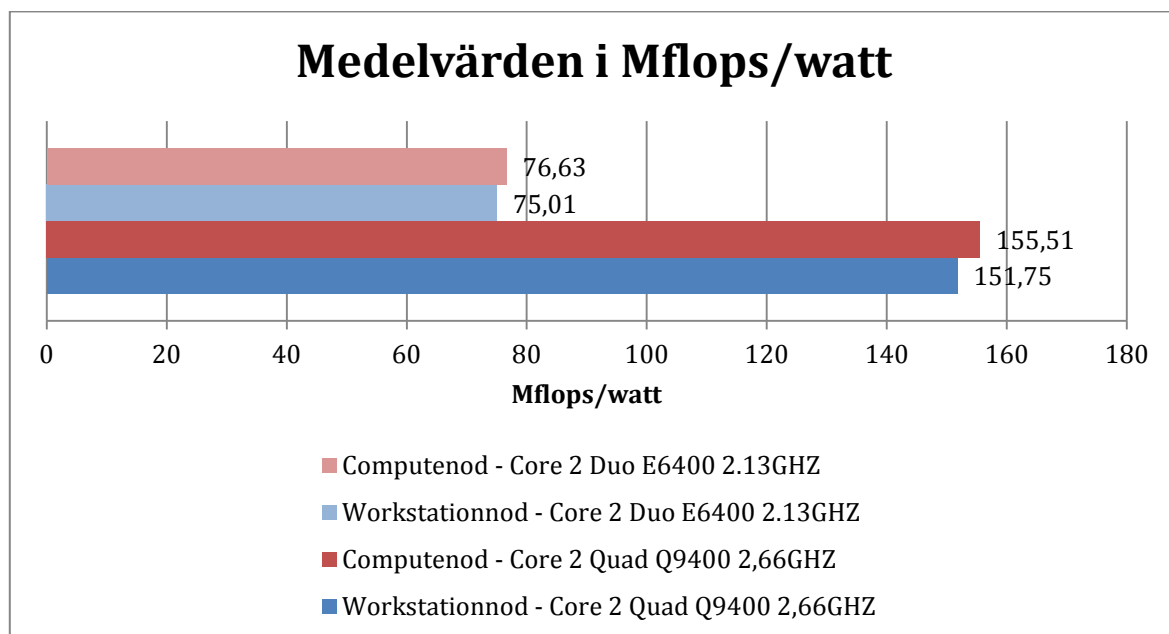
Figur 12 Medelförbrukningen från båda testscenariorna för de olika beräkningsnoderna.

Computenoderna presterade bättre med Linpack i båda testscenariorna (se Figur 13) än Workstationnoderna. Detta betyder att beräkningsklustret med operativsystemen Windows Server 2008 R2 beräknar fler flyttalsoperationer per sekund än vad beräkningsklustret med operativsystemen Windows 7 gör.



Figur 13 Medelprestandan i Gflops från båda testscenariorna för de olika typerna av beräkningsnoder.

Det som antyds av resultaten är att Computenoder med operativsystemet Windows Server 2008 R2 beräknar fler flyttalsoperationer per watt än Workstationnoder med operativsystemet Windows 7 (se Figur 14). Det som även kan sägas är att det blir mer ekonomisk att välja Computenoder eftersom det går åt mindre energi för en beräkning av samma storlek jämfört med att använda sig av Workstationnoder. I Figur 14 visas att det inte spelar någon roll vilken typ av hårdvara i den benämningen när det gäller antal kärnor som beräkningsklustret körs på. Resultaten visar att Computenoder presterar lite bättre än Workstationnoder oavsett antalet kärnor. Resultaten visar att Workstationnoderna ger mindre Mflops/watt i båda testscenariorna. Även fast det kan tyckas att det inte är någon stor skillnad mellan beräkningsnodstyperna kommer det att bli det i längden. Det vill säga desto mer beräkningsklustret används, desto mer ekonomiskt blir det att använda sig utav Computenoder eftersom Computenoderna klarar av att beräkna fler flyttalsoperationer per watt.



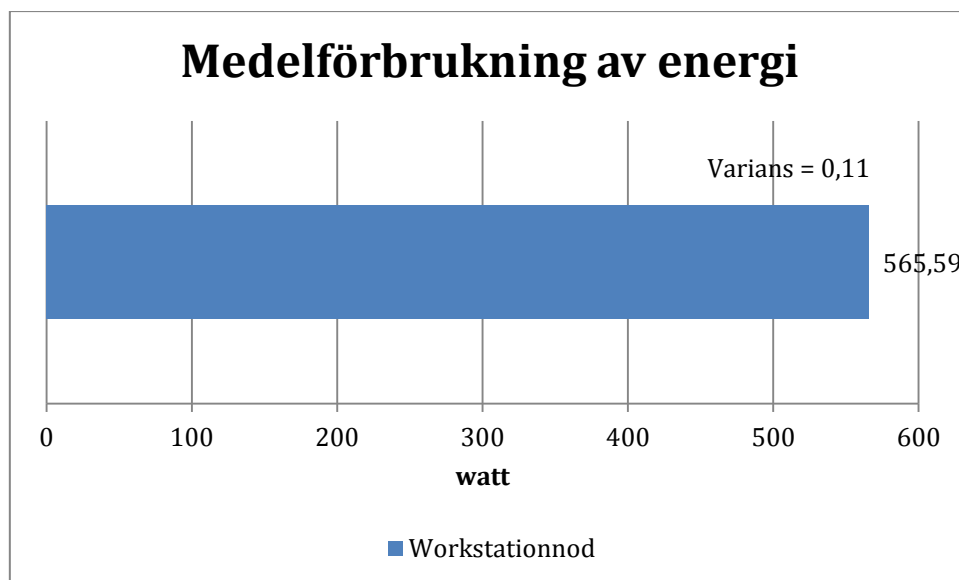
Figur 14 Medelvärdena från båda testscenariorna i Mflops/watt för de olika beräkningsnoderna.

I kapitel 5 redovisades variansen för respektive test och där kan det ses att variansen är högre för Workstationnoderna. Det betyder att beräkningsklustret med beräkningsnoder som har operativsystemet Windows 7 har mer spridning i resultaten. Detta kan bero på att Windows 7 använder andra eller fler processer än vad operativsystemet Windows Server 2008 R2 gör. Eftersom variansen är större för Windows 7 kan det innebära att beräkningsprocessen blir avbruten av andra processer eller andra störningar som nämnts i kapitlet 2.1. Därför kan författaren säga att resultaten ovan gäller för grundinstallation av Windows 7 och Windows Server 2008.

Det utfördes två tester enligt samma metod som tidigare där processer i Windows 7 stängdes av för att se ifall det har påverkat resultaten. De processer som

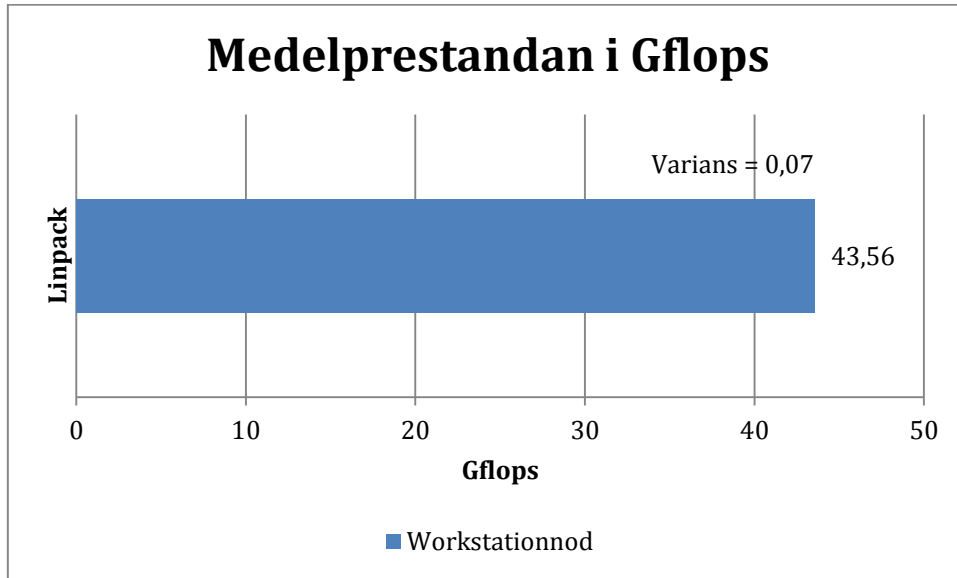
identifierades som kördes på Windows 7 och inte på Windows Server 2008 R2 och som stängdes av i följande tester är `audioldg.exe`, `hkcmd.exe`, `igfxpers.exe`, `igfxsrv.exe`, `igfxtray.exe` och `SearchIndexer.exe`. Processen `audioldg.exe` används av ljudkomponenter för att hantera bearbetningen av digital signal (Windowshelp, 2008). `hkcmd.exe` hanterar Intels snabbkommandon för grafiskdrivrutiner och tangentbord. Processerna `igfxpers.exe`, `igfxsrv.exe` och `igfxtray.exe` kommer från Intel och hanterar grafikinställningarna (Neuber, 2012). `SearchIndexer.exe` är en process som hanterar indexeringen av filer för att snabbt kunna söka. Den hanterar exempelvis sökningarna som görs i start menyn (Processlibrary, 2010). När det skrivs att processer stängs av är det de ovanstående som avses.

Med dessa processer avstängda blir medelenergiförbrukningen 565,59 watt (se Figur 15) vilket är mindre än medelförbrukningen tidigare, både för Windows 7 och Windows Server 2008 R2. Den tidigare medelförbrukningen för Windows 7 var 568,31 watt. Vilket ger en minskad energiförbrukning på 2,72 watt.



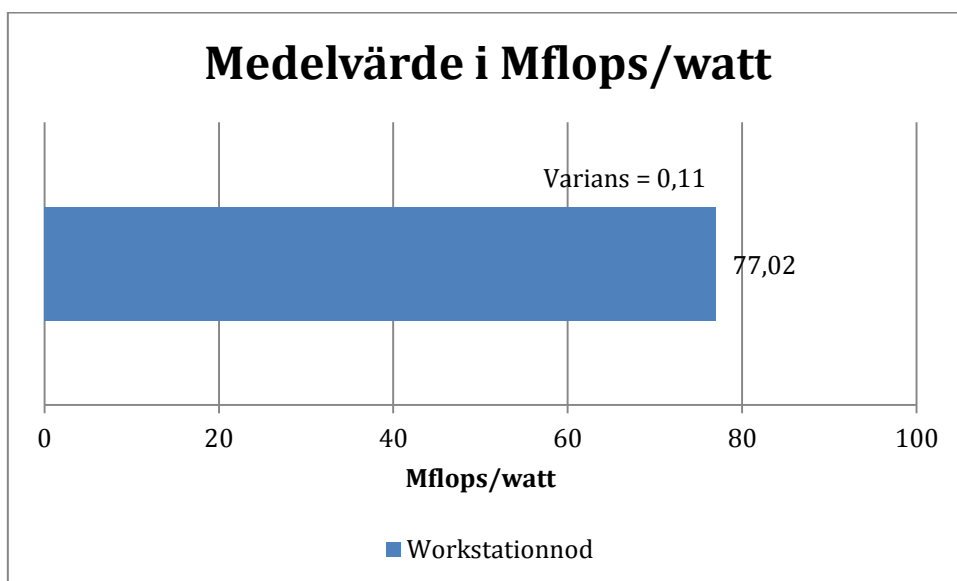
Figur 15 Medelförbrukningen i watt för Workstationnoder med avstängda processer.

I Figur 16 visas medelprestandan för Windows 7 när processer har stängts av. Det nya resultatet är att Workstationnoder med operativsystemet Windows 7 presterar 43,56 Gflops. Vilket är likartat som Windows Server 2008 R2 som presterar 43,54 Gflops. I Figur 16 visas det även att variansen har sjunkit vilket antyder till att beräkningsprocessen har haft mindre avbrott av andra processer. Eftersom beräkningsprocessen inte har blivit avbryten av de avstängda processerna bli beräkningsprocessen klar fortare (se Figur 1).



Figur 16 Medelprestandan i Gflops uttaget från Linpack för Workstationnoder med avstängda processer.

Workstationnoderna med operativsystemet Windows 7 med avstängda processer får medelvärdet 77,02 Mflops/watt (se Figur 17). Vilket gör att Windows 7 med avstängda processer får högre medelvärde än både Windows 7 utan avstängda processer och Windows Server 2008 R2, vilket indikerar på att resultaten påverkas av processerna som körs. Även i Figur 17 visas det att variansen har sjunkit och det antyder på att beräkningsprocessen har blivit mindre utsatt för avbrott.



Figur 17 Medelvärde i Mflops/watt för Workstationnoder med avstängda processer.

För att få mer pålitliga resultat behövs det göra fler tester än de två som hittills utförts. Eftersom det endast har gjorts två tester där processer har stängts av i Windows 7 kan inte slutsatsen dras att det ena operativsystemet skulle prestera bättre inom aspekterna energieffektivitet och prestanda med avseende på hur många flyttalsoperationer operativsystemet presterar i prestandaverktyget Linpack. Däremot ger det en antydning till att de båda operativsystemen skulle prestera ungefär lika bra. Detta verifierar att operativsystemen Windows 7 och Windows server 2008 R2 presterar likvärdigt med avseende på energieffektivitet och beräkningsförmåga av flyttalsoperationer enligt Linpack. En slutsats som kan dras är att processerna som körs på operativsystemen påverkar resultaten.

Feng, Feng & Ge (2008) diskuterar kring att energieffektiviteten kan bero på hur effektmedvetet ett operativsystem är. Genom resultaten i denna studie går det inte att bekräfta deras diskussion. Eftersom de nya resultaten för Windows 7 med processer avstängda visar att de presterar i stort sett lika med Windows Server 2008 R2.

Eftersom operativsystemen är uppbyggda på samma Windows NT version. Antyder det på att vara anledningen till att de två operativsystemen presterar likvärdigt när de identifierade processerna har stängts av. Eftersom arkitekturen är samma kan de avgörande skillnaderna vara vilka processer som körs på de respektive operativsystemen.

## 7 Diskussion

Det finns flera aspekter att tänka på när ett företag eller organisation ska implementera ett högpresterande kluster. Energieffektiviteten och prestandan i bemärkningen hur fort beräkningsklustret löser flyttalsberäkningar är några av aspekterna. Resultaten i denna studie pekar på att operativsystemen presterar ungefär lika bra när det gäller aspekterna energieffektiviteten och prestanda. Därför blir rekommendationen till administratörer och beslutsfattare i ett företag eller en organisation att ta mer hänsyn till andra aspekter, som exempelvis kostnad av operativsystem och funktion när det gäller dessa operativsystem. Administratörerna bör även ta bort alla onödiga processer dels för att öka prestandan men även ur säkerhetssynpunkt. Med mindre funktioner installerade ger det mindre med möjliga säkerhetsluckor. Eftersom administratören behöver se till att beräkningsklustret har en viss säkerhetsnivå behöver administratören inte lägga ner tid och energi på att täppa till säkerhetsluckor för onödiga funktioner, exempelvis multimedia funktionerna som ändå inte används. Genom detta kan företaget eller organisationen spara resurser och pengar.

Beräkningskluster används enligt Wang, Wang & Wang (2010) till bland annat vädersimuleringar, kärnkraftssimuleringar, bildbehandling samt beräkning av avancerade problem. Därför kommer antalet operationer per sekund att vara väldigt många och som Feng, Feng & Ge (2008) diskuterar är det viktigt tänka på energieffektiviteten i desingfasen eftersom det i längden kan innebära stora summor i driftskostnader. Om företag eller organisationer bortser från att grundinstallationen för Windows 7 förbrukar mer energi än ett Windows 7 med avstängda processer, då kommer dessa företag eller organisationer att erhålla högre driftskostnader. Därför rekommenderas det att tänka på att välja processer som anses behövas för företaget eller organisationen för respektive beräkningsnod. Genom att stänga av processer som inte behövs kommer bidraget till den globala uppvärmningen att minska eftersom energin går åt till beräkningar på beräkningsjobben.

Våra resultat pekar på att det endast är processerna som körs som avgör skillnaderna mellan operativsystemen Windows 7 och Windows Server 2008 R2 som beräkningsnod. Skulle så vara fallet är det då rätt av Microsoft att säga att det är mer lämpligt att välja Computenoder med operativsystemet Windows Server 2008 R2 om inte beräkningsnoden ska användas av någon användare?

Om en annan nätverkstopologi skulle valts än den som valdes för dessa tester kunde resultaten bli annorlunda. Exempelvis om nätverkstopologin innehållit fler nätverksutrustning som skulle behöva kommunicera på nätverket. Kunde resultaten bli att operativsystemen på beräkningsnoderna inte kunna använda nätverket maximalt. Följderna skulle bli att resultaten blir missvisande och inte ge en korrekt bild över vad operativsystemen skulle klara av att prestera i prestandaverktyget Linpack. Det skulle även medföra att resultaten blir missvisande för hur energieffektivt operativsystemen är.

## 8 Slutsatser

Slutsatserna som dras ifrån denna studie är bland annat att vid en grundinstallation av Windows 7 och Windows Server 2008 R2, presterar Windows Server 2008 R2 bättre än Windows 7 när det gäller energieffektivitet och förmåga att beräkna flyttalsoperationer enligt Linpack. Med grundinstallation menas det att inga extra funktioner eller program installeras utan endast de som följer med grundinstallationen. Det gäller även att inga medföljande funktioner eller program från grundinstallationen aktivt väljs bort.

En andra slutsats som dras är att processer påverkar resultaten av energieffektiviteten och beräkningsförmågan i Linpack. När processer avslutas som körs i Windows 7 ökar prestandan. Därför kan det ses att processerna som körs påverkar resultaten.

En tredje slutsats som dras är att Windows 7 presterar med avseende på energieffektivitet och beräkningsförmågan av flyttalsoperationer i Linpack likvärdigt med Windows Server 2008 R2 när de identifierade processerna i Windows 7 avslutas. De identifierade processerna är sådana processer som endast körs i Windows 7 och inte i Windows Server 2008 R2. När dessa processer avslutades presterade Windows 7 bättre än med de identifierade processerna igång. Därför kan det sägas att Windows 7 presterade likvärdigt med Windows Server 2008 R2.

Den fjärde slutsatsen som dras är att designfasen av ett beräkningskluster är viktig. Skulle det inte tänkas på aspekter som energieffektivitet i designfasen kan det få följder med onödiga driftskostnader. Ett beräkningskluster bör anpassas att endast processer som är nödvändiga eller önskvärda för ett företag eller en organisation körs. Annars kommer det gå åt energi till att hantera onödiga processer istället för att förbruka den energin på beräkningar.



## 9 Reflektion

Det som skulle kunna ha gjorts bättre i denna studie är att automatisera energimätningen. Eftersom den mänskliga faktorn har behövts för avläsning av energimätaren kan vissa felaktiga avläsningar gjorts. Genom att automatisera testerna skulle det kunna utföras fler antal tester för varje testscenario och på det viset blir medelresultaten ännu mer pålitligare.

## 10 Framtida arbeten

Det vore intressant att fortsätta jämföra operativsystemen, Windows 7 och Windows Server 2008, med avseende hur de presterar som beräkningsnoder när de körs med samma processer eller minimalt med processer igång. Genom att identifiera nödvändiga processer som behövs för att kunna göra beräkningar och skala bort övriga processer från operativsystemen. Då kommer resultaten visa vilket operativsystem som beräknar flest flyttalsoperationer i Linpack och vilket operativsystem som är mest energieffektivt. Utifrån det kan sedan företag eller organisationer addera processer till beräkningsklustret som de anser att de behöver. Det vore även intressant att ta reda på hur stor påverkan de olika processerna har på beräkningsförmågan. Detta kan möjligtvis presenteras hur ofta samt hur lång tid de olika processerna får tillgång till resurserna.

Det vore också intressant att utföra tester på hur Windows 8 presterar med prestandaverktyget Linpack samt hur energieffektivt det är. Hur operativsystemet Windows 8 förhåller sig till Windows 7 samt Windows Server 2008 och om det är mer passande till ett Microsoft HPC-kluster.

Det skulle även vara intressant hur Microsofts operativsystem förhåller sig till andra operativsystem som finns på marknaden med avseende på energieffektivitet och hur de presterar i Linpack.

## Referenser

- Abouelhoda, M. & Mohamed, H. (2009) WinBioinfTools: Bioinformatics tools for Windows cluster. Cluster Computing and Workshops, 2009. Cluster '09. IEEE International Conference on. *Issue Date 31 Aug-4 Sept, 2009, pages 1-4.*
- Berndtsson, M. Hansson, J., Lundell, B. & Olsson, B. (2008) *Thesis Projects: A Guide for Students in Computer Science and Information Systems.* (2:a upplagan). London: Springer-Verlag.
- Cameron, K., Feng, W., Feng, X., Ge, R. & Pyla, H. (2007) Power Measurement Tutorial for the Green500 List. Tillgänglig på Internet: <http://www.green500.org/docs/pubs/tutorial.pdf> [Hämtad: 12.04.19]
- Cameron, K., Ge, R. & Feng, X. (2005) High-Performance, Power-Aware Distributed Computing for Scientific Applications. *Computer. Issue Date Nov, 2005, Volume 38, Issue 11, pages 40-47.*
- Dongarra, J., Luszczek, P. & Petitet, A. (2002) The LINPACK Benchmark: Past, Present, and Future. *Concurrency and Computation: Practice and Experience. Issue Date 10, Aug 2003, Volume 15, Issue 9, pages 803-820.*
- Elmasri, R. & Navathe, S. B. (2007) *Fundamentals of database systems* (5:e upplagan). Boston: Pearson Addison Wesley. 4-6.
- Eon. (2012) *Jämför din förbrukning.* Tillgänglig på Internet: <http://www.eon.se/templates/Eon2TextPage.aspx?id=47760&epslanguage=SV&redirect=1#> [Hämtad 12.01.23].
- Feng, W., Feng, X. & Ge, R. (2008) Green Supercomputing Comes of Age. *IT Professional. Issue Date Jan-Feb, 2008, Volume 10, Issue 1, pages 17-23.*
- Guodong, L. & Xiangdong, H. (2010) Performance and efficiency evaluation and analysis of supercomputers. *Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3<sup>rd</sup> IEEE International Conference on. Issue Date 9-11, July 2010, pages 642-646.*
- Lunell, H. (2011) *Datorn I världen, världen I datorn.* Lund: Studentlitteratur AB, Pages 139-176.
- Microsoft. (2012) New to HPC? Tillgänglig på Internet: <http://www.microsoft.com/hpc/en/us/product/cluster-computing.aspx> [Hämtad: 12.01.20].
- Microsoft msdn. (2012). Operating System Version. Tillgänglig på Internet: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms724832\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms724832(v=vs.85).aspx) [Hämtad: 12.06.02].

- Microsoft News Center. (2010) Microsoft Pushes Its Technical Computing Initiative Forward With Windows HPC Server 2008 R2. Tillgänglig på Internet: <http://www.microsoft.com/en-us/news/press/2010/sep10/09-17WindowsHPCServerPR.aspx> [Hämtad: 12.06.25].
- Microsoft TechNet. (2012a) Deployment Roadmap for Windows HPC Server 2008 R2. Tillgänglig på Internet: [http://technet.microsoft.com/sv-se/library/gg981940\(en-us,WS.10\).aspx#BKMK\\_WS](http://technet.microsoft.com/sv-se/library/gg981940(en-us,WS.10).aspx#BKMK_WS) [Hämtad: 12.01.22].
- Microsoft TechNet. (2012b) Prepare for your deployment. Tillgänglig på Internet: [http://technet.microsoft.com/en-us/library/ff919454\(WS.10\).aspx#BKMK\\_1\\_3](http://technet.microsoft.com/en-us/library/ff919454(WS.10).aspx#BKMK_1_3) [Hämtad: 12.02.27].
- Microsoft TechNet. (2012c) Active Directory Domain Services. Tillgänglig på Internet: [http://technet.microsoft.com/sv-se/library/cc770946\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/sv-se/library/cc770946(v=ws.10).aspx) [Hämtad 12.03.26]
- Microsoft TechNet. (2012d) Lizard Help. Tillgänglig på Internet: [http://technet.microsoft.com/en-us/library/ee146524\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/ee146524(v=ws.10).aspx) [Hämtad 12.04.26]
- Morimoto, R., Noel, M., Droubi, O., Mistry, R. & Amaris, C. (2010) Windows Server 2008 R2 Unleashed. Pearson Education:USA
- Narayan, S. & Shi, Y. (2009) Application Layer Network Performance Analysis of IPv4 and IPv6 on Windows Operating Systems. *Computers and Devices for Communication, 2009. CODEC 2009. 4<sup>th</sup> International Conference on. Issue Date 14-16, Dec, 2009, pages 1-4.*
- Narayan, S. & Shi, Y. (2010) TCP/UDP Network Performance Analysis of Windows Operating Systems with Ipv4 and Ipv6. *Signal Processing Systems (ICSPS), 2010 2<sup>nd</sup> International Conference on. Issue Date 5-7, Juli 2010, Volume 2.*
- Neuber. (2012) Common Windows processes. Tillgänglig på Internet: <http://www.neuber.com/taskmanager/process/> [Hämtad 12.05.31].
- Processlibrary. (2010) What is searchindexer.exe doing on my computer? Tillgänglig på Internet: <http://www.processlibrary.com/directory/files/searchindexer/27216/> [Hämtad 12.05.31].
- Russinovich, M. E. & Solomon, D. A (2005) *Microsoft windows internals, Microsoft windows server 2003, windows xp, and windows 2000* (4:e upplagan). Redmond: Microsoft Press. 489.
- Shainer, G., Gutkind, E., Lee, B., Kagan, M. & Kliteynik, Y. (2009) Optics for Enabling Futuer HPC Systems. *High Performance Interconnects, 2009.*

*HOTI 2009. 17<sup>th</sup> IEEE Symposium on. Issue Date 25-27, Aug 2009, Pages 138-142.*

Sottile, M. & Minnich, R. (2004) Analysis of microbenchmarks for performance tuning of clusters. *Cluster Computing, 2004 IEEE International Conference on. Issue Date 20-23, Sept, pages 371-377.*

TOP500 Supercomputer Sites. (2011) Japan's K Computer Tops 10 petaflop/s to Stay Atop TOP500 List. Tillgänglig på Internet: <http://www.top500.org/lists/2011/11/press-release> [Hämtad: 12.01.22].

Wang, X., Wang, H. & Wang, Y. (2010) A Web-Based Job Management System Based on User Simulation Mechanism. *Multimedia and Information Technology (MMIT), 2010 Second International Conference on. Issue Date 24-25, April 2010.*

Windowshelp. (2008) audiodg.exe – Windows Audio Device Graph Isolation. Tillgänglig på Internet: <http://windowshelp.net/windows-processes/audiodg.exe.aspx> [Hämtad: 12.05.31].

Windows Microsoft. (2012) A history of Windows. Tillgänglig på Internet: <http://windows.microsoft.com/en-us/windows/history> [Hämtad: 12.06.26].