Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Volum I
Índex General, Memòria, Pressupost, Annexes

TREBALL DE FI DE GRAU

"ESTUDI, ANÀLISI I PROPOSTES PRÒPIES EN RELACIÓ A LA CRISI ENERGÈTICA QUE VIU LA HUMANITAT EN L'INICI DEL SEGLE XXI"

TFG presentat per obtenir el títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
Per **Víctor Bartolomé Escudero**

Barcelona, 9 de Juny de 2015

Directora: Olga Alcaraz i Sendra
Departament de Física i Enginyeria Nuclear (FEN)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Índex General

"ESTUDI, ANÀLISI I PROPOSTES PRÒPIES EN RELACIÓ A LA CRISI ENERGÈTICA QUE VIU LA HUMANITAT EN L'INICI DEL SEGLE XXI"

TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
per **Víctor Bartolomé Escudero**

Barcelona, 9 de Juny de 2015

Directora: Olga Alcaraz i Sendra
Departament de Física i Enginyeria Nuclear (FEN)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX GENERAL

Índex Memòria 5
Resum 9
Resumen 9
Abstract 10
Agraïments 11

1. CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ 13
   1.1. Situació actual 13
   1.2. La problemàtica dels combustibles fòssils i les energies nuclears 15
      1.2.1. El petroli 15
      1.2.2. El gas natural 17
      1.2.3. El carbó 18
      1.2.4. L'urani 19
   1.3. Augment dels consums de les energies no renovables 20
   1.4. Esgotament de les reserves 29
      1.4.1. Les reserves de petroli 34
      1.4.2. El zenit del petroli 35
      1.4.3. Les reserves de gas natural i el seu zenit 38
      1.4.4. Les reserves de carbó i el seu zenit 39
      1.4.5. L'obtenció i les reserves d'urani 42
      1.4.6. L'obtenció de combustibles fòssils per mètodes no estàndards 45
      1.4.7. Visió a partir de les reserves originàries de combustibles fòssils i urani 49
   1.5. Distribució geogràfica dels recursos fòssils 54
      1.5.1. Anàlisi geopolítica 61

2. CAPÍTOL 2: ANÀLISI DEL TOP-15 63
   2.1. Introducció als TOP-15 63
   2.2. GDP per càpita 70
      2.2.1. Generalitats 70
      2.2.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 73
      2.2.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesi de les seves causes 73

2.2.3.1. Aràbia Saudita 73
2.2.3.2. Corea del Sud 74
2.2.3.3. Rússia 75
2.2.3.4. Iran 76
2.2.3.5. Indonèsia 77
2.3. Energy Supply per càpita 78
2.3.1. Generalitats 78
2.3.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 81
2.4. Energy Supply per GDP o Intensitat energètica 84
2.4.1. Generalitats 84
2.4.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 86
2.4.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesi de les seves causes 87
2.4.3.1. Xina 87

3. CAPÍTOL 3: ANÀLISI DE LA UE DELS 28 88
3.1. GDP per càpita 88
3.1.1. Generalitats 88
3.1.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 91
3.1.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesi de les seves causes 92
3.1.3.1. Luxemburg 92
3.1.3.2. Bèlgica 92
3.1.3.3. Finlàndia 93
3.1.3.4. Romania 94
3.1.3.5. Suècia 95
3.2. Energy Supply per càpita 96
3.2.1. Generalitats 96
3.2.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 98
3.3. Energy Supply per GDP o Intensitat energètica 101
3.3.1. Generalitats 101
3.3.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 15 anys 102
3.3.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesi de les seves causes 103
3.3.3.1. Romania 103
3.3.3.2. Bulgària 104
3.3.3.3. Estònia 104

4. CAPÍTOL 4: ANÀLISI D'ESPANYA I CATALUNYA 106
4.1. GDP per càpita 106
4.1.1. Espanya 106
4.1.2. Catalunya 108
4.2. Energy Supply per càpita 111
4.2.1. Espanya 111
4.2.2. Catalunya 111
4.3. Energy Supply per GDP o Intensitat Energètica 113
4.3.1. Espanya 113
4.3.2. Catalunya 113
4.4. Hipòtesi per a la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle a Espanya i Catalunya 115
4.4.1. Espanya 117
4.4.2. Catalunya 119
4.4.3. Conclusions i idees per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle 121

5. CAPÍTOL 5: CONCLUSIONS 124
5.1. Conclusions finals 124
5.2. Conclusions més remarcables 125
5.3. Perspectives de futur 126

6. CAPÍTOL 6: BIBLIOGRAFIA 127
6.1. Referències bibliogràfiques 127
6.2. Bibliografia de consulta 128

Pressupost 129

1. Pressupost 129

Índex Annexos 130

1. ANNEXES: GRÀFIQUES INDIVIDUALITZADES 132
1.1. Països del TOP-15 132
1.1.1. Xina 132
1.1.2. Estats Units 134
1.1.3. Unió Europea dels 28 135
1.1.4. Índia 137
1.1.5. Rússia 138
1.1.6. Japó 140
1.1.7. Iran 141
1.1.8. Corea del Sud 143

1.1.9. Canadà 144
1.1.10. Aràbia Saudita 146
1.1.11. Àfrica del Sud 147
1.1.12. Mèxic 149
1.1.13. Indonèsia 150
1.1.14. Brasil 152
1.1.15. Austràlia 153

1.2. Països de la Unió Europea dels 28 155
1.2.1. Alemanya 155
1.2.2. Àustria 157
1.2.3. Bèlgica 158
1.2.4. Bulgària 160
1.2.5. Croàcia 161
1.2.6. Dinamarca 163
1.2.7. Eslovàquia 164
1.2.8. Eslovènia 166
1.2.9. Espanya 167
1.2.10. Estònia 169
1.2.11. Finlàndia 170
1.2.12. França 172
1.2.13. Grècia 173
1.2.14. Hongria 175
1.2.15. Irlanda 176
1.2.16. Itàlia 178
1.2.17. Letònia 179
1.2.18. Lituània 181
1.2.19. Luxemburg 182
1.2.20. Malta 184
1.2.21. Països Baixos 185
1.2.22. Polònia 187
1.2.23. Portugal 188
1.2.24. Regne Unit 190
1.2.25. Romania 191
1.2.26. Suècia 193
1.2.27. Txèquia 194
1.2.28. Xipre 196

Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Memòria

"ESTUDI, ANÀLISI I PROPOSTES PRÒPIES EN RELACIÓ A LA CRISI ENERGÈTICA QUE VIU LA HUMANITAT EN L'INICI DEL SEGLE XXI"

TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
per **Víctor Bartolomé Escudero**

Barcelona, 9 de Juny de 2015

Directora: Olga Alcaraz i Sendra
Departament de Física i Enginyeria Nuclear (FEN)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX MEMÒRIA

Resum 9

Resumen 9

Abstract 10

Agraïments 11

1. CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ 13
   1.1. Situació actual 13
   1.2. La problemàtica dels combustibles fòssils i les energies nuclears 15
      1.2.1. El petroli 15
      1.2.2. El gas natural 17
      1.2.3. El carbó 18
      1.2.4. L'urani 19
   1.3. Augment dels consums de les energies no renovables 20
   1.4. Esgotament de les reserves 29
      1.4.1. Les reserves de petroli 34
      1.4.2. El zenit del petroli 35
      1.4.3. Les reserves de gas natural i el seu zenit 38
      1.4.4. Les reserves de carbó i el seu zenit 39
      1.4.5. L'obtenció i les reserves d'urani 42
      1.4.6. L'obtenció de combustibles fòssils per mètodes no estàndards 45
      1.4.7. Visió a partir de les reserves originàries de combustibles fòssils i urani 49
   1.5. Distribució geogràfica dels recursos fòssils 54
      1.5.1. Anàlisi geopolítica 61

2. CAPÍTOL 2: ANÀLISI DEL TOP-15 63
   2.1. Introducció als TOP-15 63
   2.2. GDP per càpita 70
      2.2.1. Generalitats 70
      2.2.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 73
      2.2.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesi de les seves causes 73
         2.2.3.1. Aràbia Saudita 73
         2.2.3.2. Corea del Sud 74

2.2.3.3. Rússia 75
2.2.3.4. Iran 76
2.2.3.5. Indonèsia 77
2.3. Energy Supply per càpita 78
2.3.1. Generalitats 78
2.3.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 81
2.4. Energy Supply per GDP o Intensitat energètica 84
2.4.1. Generalitats 84
2.4.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 86
2.4.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesi de les seves causes 87
2.4.3.1. Xina 87

3. CAPÍTOL 3: ANÀLISI DE LA UE DELS 28 88
3.1. GDP per càpita 88
3.1.1. Generalitats 88
3.1.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 91
3.1.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesi de les seves causes 92
3.1.3.1. Luxemburg 92
3.1.3.2. Bèlgica 92
3.1.3.3. Finlàndia 93
3.1.3.4. Romania 94
3.1.3.5. Suècia 95
3.2. Energy Supply per càpita 96
3.2.1. Generalitats 96
3.2.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys 98
3.3. Energy Supply per GDP o Intensitat energètica 101
3.3.1. Generalitats 101
3.3.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 15 anys 102
3.3.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesi de les seves causes 103
3.3.3.1. Romania 103
3.3.3.2. Bulgària 104
3.3.3.3. Estònia 104

4. CAPÍTOL 4: ANÀLISI D'ESPANYA I CATALUNYA 106
4.1. GDP per càpita 106
4.1.1. Espanya 106
4.1.2. Catalunya 108
4.2. Energy Supply per càpita 111
4.2.1. Espanya 111
4.2.2. Catalunya 111
4.3. Energy Supply per GDP o Intensitat Energètica 113
4.3.1. Espanya 113
4.3.2. Catalunya 113
4.4. Hipòtesi per a la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle a Espanya i Catalunya 115
4.4.1. Espanya 117
4.4.2. Catalunya 119
4.4.3. Conclusions i idees per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle 121

5. CAPÍTOL 5: CONCLUSIONS 124
5.1. Conclusions finals 124
5.2. Conclusions més remarcables 125
5.3. Perspectives de futur 126

6. CAPÍTOL 6: BIBLIOGRAFIA 127
6.1. Referències bibliogràfiques 127
6.2. Bibliografia de consulta 128

RESUM

La societat actual precisa de grans quantitats d'energia per al seu manteniment i desenvolupament. Aquesta energia s'obté de recursos ja disponibles a la natura, especialment dels anomenats recursos no renovables. Entre aquests podem destacar-ne el petroli, el gas natural, el carbó i l'urani. Aquests recursos, que són la base del nostre progrés, malauradament resulten finits i són altament contaminants.

En aquest treball s'analitzarà, primerament, els consums d'energia, les reserves energètiques existents i l'evolució a curt termini que ens espera. En segon terme, s'estudiarà l'evolució soferta per tres variables que tenen relació directa amb la crisi energètica que està patint la humanitat en l'inici del segle XXI: el GDP per càpita, el consum d'energia per càpita i la intensitat energètica.

Aquestes variables s'analitzaran en tres grups de comparació: l'anomenat TOP 15 que integra als països més emissors de gasos d'efecte hivernacle durant l'any 2010, la Unió Europea dels 28 i, finalment, Espanya i Catalunya. Per concloure el treball, i a partir d'un ampli anàlisi del segon bloc, es presentarà una hipòtesi plausible orientada a la reducció, per a l'any 2050, de les emissions de gasos d'efecte hivernacle en un 60% respecte a les emeses durant l'any 2010 a Espanya i Catalunya.

RESUMEN

La sociedad actual precisa de grandes cantidades de energía para su mantenimiento y desarrollo. Esta energía se obtiene de recursos ya disponibles en la naturaleza, especialmente de los llamados recursos no renovables. Entre estos podemos destacar el petróleo, el gas natural, el carbón y el uranio. Estos recursos, que son la base de nuestro progreso, desafortunadamente resultan finitos y son altamente contaminantes.

En este estudio se analizarán, en primer lugar, los consumos de energía, las reservas energéticas existentes y la evolución a corto plazo que nos espera. En segundo lugar, se estudiará la evolución sufrida por tres variables que tienen relación directa con la crisis energética que padece la humanidad en el inicio del siglo XXI: el GDP por cápita, el consumo de energía por cápita y la intensidad energética.

Estas variables se analizarán en tres grupos de comparación: el llamado TOP 15 que integra los países más emisores de gases de efecto invernadero durante el año 2010, la Unión Europea de los 28 y, finalmente, España y Cataluña. Para concluir el trabajo, y partiendo de un amplio análisis del segundo bloque, se presentará una hipótesis plausible orientada a la reducción, para el año 2050, de las emisiones de gases de efecto invernadero en un 60% respecto a las emitidas durante el año 2010 en España y Cataluña.

ABSTRACT

The current society precise of big quantities of energy for his maintenance and development. This energy is obtained by resources that are already available at the nature, especially by the named non-renewable resources. Between these can highlight the oil, the natural gas, the coal and the uranium. These resources, that are the base of our social progress, unfortunately they result finite and they are highly pollutants.

In this work will be analysed, in the first place, the consumptions of energy, the existent energetic reservations and the evolution in the short term that it expects us. In the second place, will be studied the evolution that have suffered three variables that have direct relation with the energetic crisis that is suffering the mankind in the start of the 21st century: the GDP per capita, the energy use per capita and the energetic intensity.

These variables will be analysed in three groups of comparison: the called TOP 15 that integrates the countries that issued more greenhouse gases during the year 2010, the European Union of the 28 and, finally, Spain and Catalonia. To conclude the work, and from a wide analysis of the second block, will be presented a plausible hypothesis oriented to the reduction, for the year 2050, of the emissions of greenhouse gases in a 60% with regard to the issued during the year 2010 in Spain and Catalonia.

AGRAÏMENTS

Aquest treball és la culminació d'uns estudis d'Enginyeria Mecànica, els quals vaig començar el 2010 i ara arriben a la seva fi. Durant la meva estada a la universitat he après les bases fonamentals necessàries per l'exercici d'enginyer i la col·laboració imprescindible entre companys d'estudis, fins ara, i de professió, d'ara en endavant, per a resoldre les diferents actuacions que es puguin presentar en la vida de tot enginyer.

La elecció d'aquest treball rau en el fet de la meva sensibilització amb el medi i la recerca de millorar el model energètic actual. De fet, el meu treball de recerca de batxillerat ja va introduir-se en aquesta temàtica, tractant les energies renovables en general i la energia eòlica en particular.

En aquest cas, he volgut anar més enllà i m'he endinsat en la crisi energètica actual, estudiant diferents països del món i analitzant un seguit de variables que clarifiquen la problemàtica que hi ha avui en dia en tot el nostre planeta sobre aquesta temàtica. D'aquesta inquietud i curiositat ha sorgit "Estudi, anàlisi i propostes pròpies en relació a la crisi energètica que viu la humanitat en l'inici del segle XXI", nom del següent treball.

Però abans de tot, voldria agrair el suport que m'han donat en tot moment diverses persones.

En primer lloc, voldria reconèixer el constant recolzament donat per la meva família, amb especial atenció a la meva parella, la Ariadna, qui m'ha animat en tot moment i quan m'he embarrancat en algun punt del treball i no he sabut tirar-ho avant m'ha encoratjat a buscar alternatives per enfocar-ho correctament, i el meu pare, el Manel, per la seva paciència, comprensió, visió i ajuda a l'hora de corregir i perfeccionar la part escrita del treball, per tal que aquest treball pugui ser més amè de llegir i fàcil de comprendre.

També voldria donar les gràcies a la meva tutora en aquest Treball de Fi de Grau, la Olga Alcaraz, per la seva inestimable ajuda al llarg d'aquests darrers mesos, sent qui m'ha guiat i m'ha aconsellat per poder elaborar un treball de caire científic amb tot el rigor que un projecte d'aquesta mena necessita.

Finalment, voldria agrair a tots els professors de la Universitat Politècnica de Catalunya que he tingut al llarg dels darrers anys la seva tasca formativa i docent, i els coneixements aportats i compartits en aquest temps de formació universitària, molts dels quals, de ben segur, apareixen i formen part del desenvolupament d'aquest treball.

1.- CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ.

1.1. Situació actual

Des de meitat del segle XX, arran del continu creixement econòmic, demogràfic, energètic i tecnològic en que ens trobem la humanitat, hem fet un ús desmesurat de l'energia, cosa que està provocant que ens apropem perillosament a la fi d'una era: la dels combustibles fòssils i la energia nuclear.

Aquesta energia, consumida per l'ésser humà, ha anat evolucionant al llarg del pas del temps. Fa 300 anys, l'aprofitament energètic es reduïa a la gestió directa dels recursos naturals coneguts, de lliure obtenció i de fàcil disponibilitat al medi natural: com per exemple el vent per fer moure els vaixells a vela que transportaven tot tipus de mercaderies d'un indret a l'altre del planeta; o els molins de vent per moldre el gra recollit en les collites; o bé el sol per escalfar-nos del fred als llargs hiverns o per cuinar els aliments. Bàsicament aquestes eren les úniques formes d'aprofitament energètic de que disposava la humanitat.

Amb la revolució industrial, les societats més desenvolupades de l'època van començar a utilitzar la crema del carbó com a forma ideal de proveir d'energia tots els processos industrials que es venien realitzant en aquell moment, a més de utilitzar-lo per al transport marítim. Més avant, amb el descobriment del petroli, el gas natural i l'urani, l'ús del carbó es va anar compensant amb aquests nous combustibles fòssils i el petroli va passar a ser la font energètica principal de la humanitat , cosa que ha seguit així fins avui en dia.

Aquestes fonts energètiques, les quals van començar a ser l'eix principal sobre el qual girava el desenvolupament humà, són finites. Això vol dir que en algun moment deixaran d'haver-hi reserves de combustibles fòssils i d'urani degut a que la seva formació de manera natural a la Terra precisa d'un procés llarg, de centenars i milers de anys, mentre que el ritme d'ús que en fem avui en dia està molt per sobre del temps de formació que aquests combustibles naturals necessiten.

L'alt ritme de creixement de la població mundial, especialment en els darrers 100 anys, ha comportat arribar amb molta rapidesa a una xifra superior als 7.000 milions de persones. Aquest fet demogràfic està molt relacionat amb les millores progressives del nivell de vida de la humanitat, la modernització i l'evolució tecnològica que s'han incorporat a la societat, de manera progressiva, des de la revolució industrial i fins els nostres dies.

El fet que siguem tants habitants en el planeta Terra i que la societat tingui com a objectiu l'increment constant del desenvolupament, el progrés i la millora de les forma de vida, provoca un augment constant dels consums energètics i l'ús abusiu dels combustibles fòssils de que disposem. Aquesta sobreexplotació, segons han vaticinat els experts, condueix irremissiblement a la fi dels combustibles fòssils i de l'urani si es segueix amb el ritme de consum energètic actual per a la segona meitat del segle XXI, és a dir, en uns 50 anys com a màxim.

Aquesta afirmació tant contundent comporta que la societat moderna s'hagi de replantejar l'ús exagerat que, des dels inicis del desenvolupament tecnològic començat ja fa dos segles, està fent dels hidrocarburs i de l'urani, obligant-se a buscar alternatives sostenibles, vàlides i rendibles que puguin substituir l'ús actual que fem de les energies no renovables.

Aquestes alternatives no són altres que les energies renovables. Aquestes energies són proporcionades directament per la terra, des de la seva formació, i de manera infinita. Els científics i els enginyers que treballen en aquest camp han desenvolupat, ens els darrers anys, formes d'aprofitament de l'energia que ens dóna la Terra per tal de adaptar-la als usos que en fa la humanitat. Alguns clars exemples del que parlem poden ser, l'aprofitament energètic del vent a traves dels aerogeneradors, de l'energia solar mitjançant les centrals solars tèrmiques i fotovoltaiques o de l'energia que ens proporciona l'aigua en les centrals hidroelèctriques.

L'objectiu marcat per als propers anys no pot ser altre que el d'anar substituint, gradualment, les energies finites (combustibles fòssils i urani) per les energies renovables, a més de cercar formes de potenciar-les i de millorar-ne la seva rendibilitat, de manera que puguin donar servei i ser útils a la societat actual en el manteniment del seu progrés i ritme de vida, tot preparant-se per a evitar i sortejar el pronosticat esgotament de les reserves d'hidrocarburs i d'urani previst per a la segona meitat del segle XXI.

1.2. La problemàtica dels combustibles fòssils i les energies nuclears

Els combustibles fòssils (petroli, gas natural i carbó) i els nuclears (urani) tenen en comú un conjunt de característiques pròpies que fa que els englobem en el mateix sac i els considerem com a energies no renovables.

La primera característica comuna que tenen totes quatre fonts d'energia esmentades és que són greument contaminants. La gran quantitat d'emissions de CO_2 que emeten a l'atmosfera són degudes, en el cas dels combustibles fòssils, a que necessiten ser cremats per a produir energia, i en el cas de l'urani, perquè el seu procés d'extracció i d'enriquiment comporta un important nombre d'emissions, tant en diòxid de carboni com en gasos d'efecte hivernacle, tal i com tractaré més endavant.

En segon lloc, una altra de les particularitats que comparteixen té a veure amb la baixa rendibilitat que tenen els combustibles fòssils i l'urani en els diferents usos que se'n fa d'ells, cosa més relacionada amb les tecnologies d'extracció i transport emprats avui en dia. Aquest fet és degut als nombrosos passos que s'efectuen per a la seva utilització i en la gran quantitat de pèrdua energètica donada, ja que s'aprofita una escassa porció de la energia inicial que es disposava.

El darrer tret comú que el petroli, el gas natural, el carbó i l'urani comparteixen és que son fonts naturals finites. Aquesta limitació fa que siguin quantificables i fàcilment emmagatzemables i que, donat el seu ús desproporcionat actual, puguin arribin a esgotar-se en algun moment del més immediat futur.

1.2.1. El petroli

La gasolina i el gasoil són dos fonts energètiques secundaries obtingudes a partir del petroli i que es fan servir tant per a la producció motriu com per a l'elèctrica, a més a més de la seva utilització com a combustible en sistemes de calefacció, com és el cas del gasoil per causa de la seva menor inflamabilitat.

S'ha de tenir en compte que per a desenvolupar qualsevol procés d'aprofitament energètic que utilitzi el petroli com a font energètica principal s'ha de preveure i afrontar una pèrdua considerable d'energia, per causa dels diferents processos derivats de la extracció, el transport, el refinament i la distribució del cru.

La producció de calor a partir de qualsevol tipus de font primària de combustible és un procés més breu i senzill que la generació d'energia motriu o elèctrica ja que consta solament de dos passos: la transformació d'energia primària a secundaria i el procés posterior de combustió.

Aquest fet fa que la rendibilitat dels processos tèrmics derivats de la combustió sigui molt alt. En el cas del petroli suposa un aprofitament del 77% d'energia, però el principal inconvenient de la crema del cru és la enorme quantitat de contaminació que genera, al voltant de 7 quilograms de CO_2 per cada 100 MJ de energia.

La utilització del petroli com a energia motriu, a partir dels seus derivats, és un procés molt més complex que el de la generació tèrmica a partir d'aquestes energies secundaries.

Els motors de combustió interna dels automòbils funcionen seguint un cicle termodinàmic (Otto o Diesel en funció del combustible que utilitzin) que transforma la calor de la combustió en treball.

En tots dos cicles termodinàmics l'energia motriu s'obté gràcies a les continues explosions ocasionades per la mescla de combustible amb oxigen que tenen lloc en el interior del cilindre, acció que es repeteix entre 1.000 i 3.000 vegades per minut en cada un dels cilindres de que disposa el motor. Els gasos produïts en la combustió empenyen de forma molt violenta els cilindres del motor desplaçant-los. El moviment d'aquests cilindres que és rectilini, es transforma en moviment rotatori amb l'ajuda d'un conjunt de bieles i cigonyals que fan possible el desplaçament del vehicle.

Aquest processos tenen un rendiment molt baix, ja que solament sobre el 20% de l'energia inicial s'aprofita per a la mobilitat del vehicle, és a dir, només una quarta part de l'energia proporcionada pel combustible es guanya i la resta es perd. A més, si contem que el pes dels ocupants que es desplacen amb el vehicle és molt inferior al pes del automòbil, ens surt que s'aprofita únicament entre un 1 i un 1,8% de la energia inicial per moure les persones que viatgen en el vehicle, mentre a canvi d'això tenim que la quantitat de emissions de CO_2 que s'emeten a la atmosfera per tan sols aprofitar aquest 1% de la energia és molt elevat.

Per a la producció d'energia elèctrica mitjançant el petroli la forma més utilitzada és el cicle Rankine. Aquest procés consisteix en cremar petroli per produir un vapor que faci girar una turbina connectada directament a un generador elèctric. D'aquesta forma s'utilitza el vapor per crear electricitat. Posteriorment el vapor es condensa amb un sistema de refrigeració per a que aquest torni al seu estat inicial líquid i es torni a començar el cicle termodinàmic.

Les pèrdues energètiques ocasionades per aquest procés de generació d'electricitat mitjançant petroli són molt elevades. L'eficiència energètica assolida es troba en torn al 25%, cosa que significa que tres quartes parts de l'energia inicial es perden pel camí en forma de calor. A més, s'ha de tenir en compte que les emissions de diòxid de carboni acaben sent molt elevades en proporció al rendiment realment obtingut.

1.2.2. El gas natural

El gas natural és molt semblant al carbó degut a que s'utilitza exclusivament per a la generació elèctrica i per a la producció d'energia tèrmica. El seu rendiment tèrmic és similar a la combustió del petroli, es situa sobre el 76%, mentre que les seves emissions de CO_2 són inferiors a les dels altres combustibles fòssils, gairebé 6 quilograms de CO_2 per cada MJ d'energia tèrmica.

La forma utilitzada per generar electricitat a partir del gas natural també segueix un cicle termodinàmic, però en aquest cas és el cicle combinat, format per dos turbines, una de gas i l'altra de vapor. En aquest cicle termodinàmic les turbines uneixen les seves potències per produir electricitat i així el seu rendiment és més alt que si ho fessin per separat. La calor residual de la turbina de gas s'utilitza per generar vapor que ajuda a moure la turbina de vapor. Aquest recurs permet aprofitar l'energia i augmenta el rendiment total fins casi el 50%, molt superior als rendiments en la generació d'electricitat mitjançant petroli (25%) i carbó (33%).

1.2.3. El carbó

El carbó, com hem dit en el primer apartat, va ser el primer combustible fòssil utilitzat amb finalitats motrius i industrials en l'època de la Primera Revolució Industrial. Amb l'arribada del petroli el carbó es va deixar d'utilitzar en fins motrius i va passar a utilitzar-se, exclusivament, per a la generació elèctrica i tèrmica. Avui en dia es manté el seu ús tot i que és el combustible fòssil més contaminant de tots, amb un percentatge estimat d'uns 12 quilograms de CO_2 per cada 100 MJ.

Per a finalitats tèrmiques, el carbó s'empra com a combustible per ser cremat en una caldera. El cas de la finalitat elèctrica és molt semblant al de la generació d'electricitat a partir del petroli i els seus derivats. El procés habitual d'aprofitament comporta la crema del carbó, com a combustible, en les centrals tèrmiques convencionals, seguint el cicle de Rankine per fer moure unes turbines i generar l'electricitat amb l'ajuda d'un alternador.

L'aprofitament de l'energia inicial en la combustió del carbó a les centrals tèrmiques pot arribar a ser de fins a un 64%. Lleugerament inferior al cas de la crema del petroli degut a les pèrdues energètiques ocasionades en el procés d'obtenció del carbó combustible a partir del carbó mineral.

Tot i que el seu rendiment és més baix que en el cas de la combustió del petroli i les emissions de diòxid de carboni són molt més elevades, es segueix utilitzant aquest combustible fòssil ja que les reserves de carbó són molt més abundants en comparació amb la resta de fonts primàries fòssils, les reserves es troben en els països que més n'utilitzen i la tecnologia de exploració i extracció és molt més assequible i barata que en el cas dels altres hidrocarburs.

1.2.4. L'urani

La producció d'energia a partir de la fissió del nucli d'un àtom d'urani és diferent a la dels combustibles fòssils. Per començar, cal obtenir l'urani combustible a partir de l'urani mineral, on solament ho és el 0,7% del total mineral obtingut. Aquest isòtop té la particularitat de dividir-se en petites parts, de forma successiva, quan és bombardejat per un neutró. Aquesta fissió allibera una gran quantitat d'energia calorífica. Aquesta energia s'aprofita amb un cicle de Rankine per moure una turbina de vapor i generar electricitat. Les emissions de diòxid de carboni produïdes per aquest procés són més reduïdes que en el cas de les dels combustibles fòssils, però no deixen de ser significatives, al voltant de 2,5 quilograms de CO_2 per cada 100 MJ. La majoria de emissions de diòxid de carboni es deuen més a la extracció del urani i el seu enriquiment que no pas a la generació elèctrica en el reactor nuclear.

El principal inconvenient de l'aprofitament de l'urani és la radiació que genera durant la seva vida, comprenent en aquest període des del moment de l'extracció, la utilització en el reactor nuclear i inclòs més enllà, ja que posteriorment la seva radiació perdura durant segles. A més s'ha de tenir en compte el greu risc de manipulació i d'accident que pot donar-se a les centrals nuclears, amb totes les conseqüències devastadores que sorgirien d'aquest amb greus repercussions sobre la població i la societat.

Fent referència a la seva rendibilitat, menys d'una quarta part de l'energia inicial es transforma en final (un 23% més o menys).

Per tant, és tracta d'una energia amb una rendibilitat molt baixa en comparació amb les despeses ocasionades per a la seva obtenció. També cal afegir la necessitat de gestionar els residus radioactius a llarg termini i la possibilitat de que pugui ocórrer algun accident nuclear, qüestió sempre latent tot i les grans mesures de seguretat que avui en dia es porten a terme i que mai se sap si són sempre suficients.

1.3. Augment dels consums de les energies no renovables

Per poder veure l'evolució que ha tingut el consum energètic mundial he extret dos imatges del llibre de Carles Riba[1]. A la primera gràfica podem veure dades significatives sobre l'evolució del consum mundial d'energia amb el seu repartiment entre les energies renovables i no renovables, i a la segona, l'evolució del consum de cada tipus d'energia. Totes dos imatges engloben el període comprés entre 1980-2008.

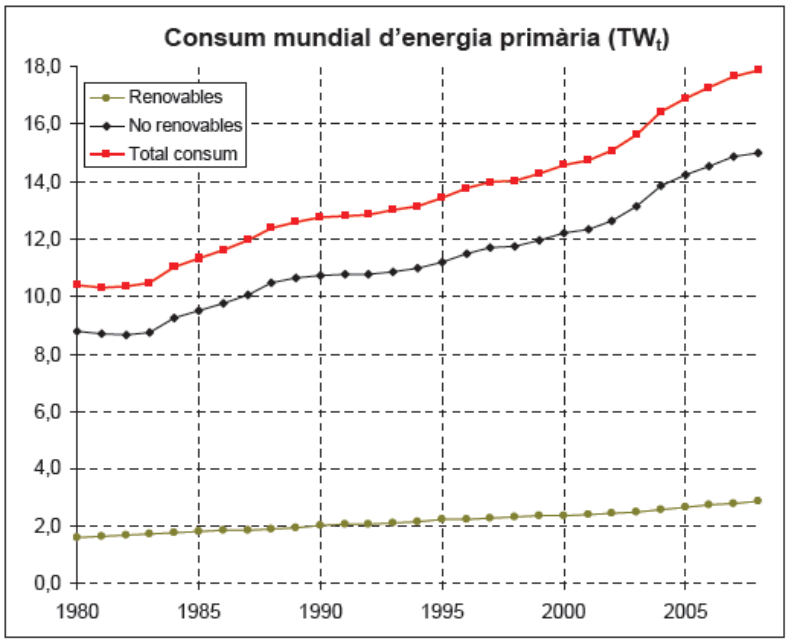


***Figura 1**. Evolució del consum d'energia en el món al llarg del període 1980-2008, així com el seu repartiment en energies renovables i energies no renovables. **Font:** Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

En aquesta primera imatge es pot observar com en els darrers anys el consum mundial de energia primària ha augmentat paulatinament. Aquest augment és del 72,23% durant el període estudiat, amb un increment global en termes absoluts de 7,488 TW_t.

[1] Les imatges s'han extret del llibre del RIBA ROMEVA, CARLES. *Recursos Energètics i Crisi, la fi de 200 anys irrepetibles*, Barcelona, Octaedro, 2011.

Aquest increment és més significatiu en els darrers anys estudiats: durant la dècada dels 80 hi ha un increment absolut de 2,387 TW_t; als anys 90 l'increment absolut és de 1,814 TW_t; mentre que en els últims 8 anys l'increment absolut és gairebé tant com la suma de les dos dècades anteriors, arribant a un total de 3,285 TW_t.

Si s'analitza el repartiment de l'increment absolut es pot observar que el consum que augmenta considerablement és l'obtingut a partir de les energies no renovables, mentre que el consum degut a les energies renovables també augmenta però en dintre d'uns valors molt menys pronunciats.

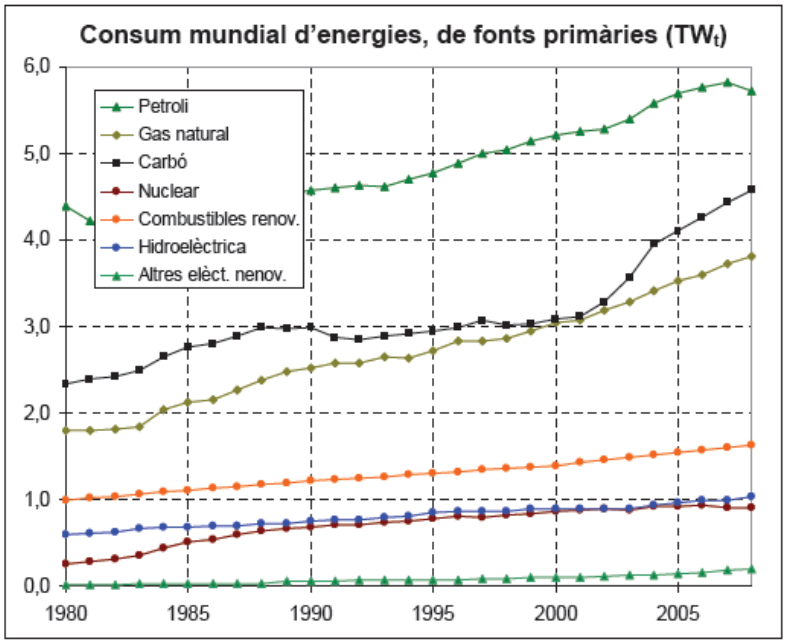


Figura 2. *Evolució del consum de cada tipus d'energia en el període 1980-2008.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

En aquesta segona imatge es pot observar com el consum que predomina és el que aporten les energies no renovables i en especial els combustibles fòssils. L'increment absolut del consum que prové de les energies no renovables suposa 6,232 TW_t, i d'aquests la gran majoria com he comentat anteriorment correspon als hidrocarburs, 5,577 TW_t.

Les energies renovables solament disposen de 1,258 TW_t d'aquest increment del consum, sent majoritaris els combustibles renovables com la biomassa tradicional, 0,649 TW_t i també l'energia hidràulica, 0,429 TW_t.

La resta de fonts d'energia renovables han augmentat en els anys estudiats però solament s'han incrementat en 0,179 TW_t.

La diferència entre el consum d'energia aportat per les energies renovables i les que no ho són va en augment constant a mesura que passen els anys, arribant a situar-se a l'any 2008 en 13,158 TW_t, mentre que l'any 1980 aquesta diferència era de 7,184 TW_t, per tant, gairebé s'ha duplicat.

Analitzant el percentatge de fonts d'energia no renovables podem veure que aquestes gairebé no s'han modificat durant el període estudiat, ja que han passat del 84,56% a 84,01%. El petroli és l'únic combustible fòssil que perd pes al pas dels anys, ja que disminueix percentualment un 10,21%, mentre que la resta de combustibles fòssils augmenta durant els 28 anys estudiats. La disminució percentual del petroli està relacionada amb l'exhauriment del petroli de major qualitat, amb la explotació de petrolis de més baix rendiment i major cost d'obtenció i amb les lluites que tenen per fixar el preu de mercat els països productors de petrolis obtinguts convencionalment i els que no ho són.

El gas natural augmenta un 3,96% i el carbó un 3,06%. El conjunt dels combustibles fòssils disminueix degut a la davallada del petroli, passant del 82,20% del consum global d'energia al 78,96%. L'urani, per la seva part, augmenta un 2,64% en els darrers 28 anys i és el que fa que en conjunt les fonts energètiques no renovables es mantinguin constants durant aquesta franja de temps.

Pel que fa a les energies renovables, que són considerades il·limitades i netes, les podem classificar en tres grups o apartats: la energia hidroelèctrica, les noves fonts elèctriques renovables i els combustibles renovables. Les fonts elèctriques renovables són la geotèrmica, la eòlica, la solar i la marítima, i es consideren combustibles renovables: la biomassa tradicional, els biocarburants i tots els residus urbans.

Continuant amb el nostre anàlisis sobre el consum de energia primària, podem dir que les fonts renovables d'energia guanyen el que perden les no renovables, un 0,55%, però solament representen el 15,96% del total del consum mundial d'energia. L'energia hidroelèctrica es manté gairebé constant durant els anys estudiats mentre que els combustibles renovables perden un 0,38%. Les noves altres fonts elèctriques renovables, en el seu conjunt, augmenten un 0,94%, tot i aquest augment sol representa el 1,09% del consum total de energia primària mundial l'any 2008.

Pel que fa a les noves fonts d'energia renovable, és cert que en els darrers anys s'han desenvolupat a gran velocitat i que en diversos països s'han instal·lat centres que generen electricitat amb elles, però la veritat és que el seu ús a escala mundial segueix sent molt reduït i l'augment que han sofert en aquests anys és pràcticament nul comparant amb els increments ocasionats en altres fonts energètiques.

Les imatges següents extretes del llibre elaborat per l'enginyer Carles Riba[2] mostren la evolució que han tingut aquestes noves fonts d'energia renovables com també la progressió dels biocarburants en els darrers 28 anys.

Taula 1. *Evolució de les fonts elèctriques renovables i dels biocarburants (TW_t)*

	1980	% món	1985	1990	1995	2000	2005	2008	% món
Geotèrmica	0,0094	0,0913	0,0159	0,0246	0,0259	0,0345	0,0379	0,0412	0,2280
Eòlica	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0026	0,0102	0,0333	0,0684	0,3789
Solar i marítima	0,0002	0,0016	0,0002	0,0003	0,0004	0,0004	0,0009	0,0028	0,0154
Comb. renov. i resid.	0,0059	0,0569	0,0109	0,0310	0,0430	0,0546	0,0727	0,0829	0,4588
Total alt. elèct. ren.	**0,0156**	0,1498	**0,0271**	**0,0562**	**0,0719**	**0,1001**	**0,1448**	**0,1953**	1,0813
Etanol	–		–	–	–	0,0133	0,0260	0,0540	0,2988
Biodièsel	–		–	–	–	0,0010	0,0049	0,0189	0,1047
Total biocarburants	–		–	–	–	**0,0143**	**0,0309**	**0,0739**	0,4035

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

En aquesta taula es pot veure el desenvolupament que han sofert aquestes noves energies renovables. Es pot apreciar com totes aquestes fonts energètiques han augmentat la seva aportació al consum mundial d'energia.

La geotèrmica passa d'un valor absolut de 0,0094 TW_t l'any 1980 a 0,0412 TW_t a l'any 2008, amb el qual passa del 0,0913% de la aportació mundial d'energia a un 0,2280%.

Pel que fa la eòlica, l'any 1980 la seva aportació era gairebé nul·la i avui en dia (any 2008) el seu percentatge en el consum mundial energètic és de 0,3789%, en valors absoluts 0,0684 TW_t.

La energia produïda a partir de la solar i de la marítima passa d'un valor absolut pràcticament nul, uns 0,0002 TW_t a inicis de la dècada dels 80 a un valor absolut de 0,0028 TW_t, el que suposa un 0,0154% del consum mundial.

[2] La taula i la gràfica s'han extret del llibre del RIBA ROMEVA, CARLES. *Recursos Energètics i Crisi, la fi de 200 anys irrepetibles*, Barcelona, Octaedro, 2011.

Per últim, i pel que fa als combustibles renovables i residuals, les dades indiquen que s'ha passat del 0,0569% del consum mundial de energia a un 0,4588% l'any 2008.

La suma de totes aquestes noves fonts energètiques només suposa el 1,0813% de l'ús mundial d'energia l'any 2008. Realment, aquest no és un valor extraordinari, però s'ha de tenir en compte que l'any 1980 nomes aportaven el 0,0156%, cosa que suposa que s'ha multiplicat la seva contribució per 10.

Els biocarburants es van desenvolupar als inicis del segle XXI, i el seu ús ha anat augmentant al pas d'aquests anys, arribar a l'any 2008 amb una contribució que en el còmput global d'energia suposava el 0,4035% del total.

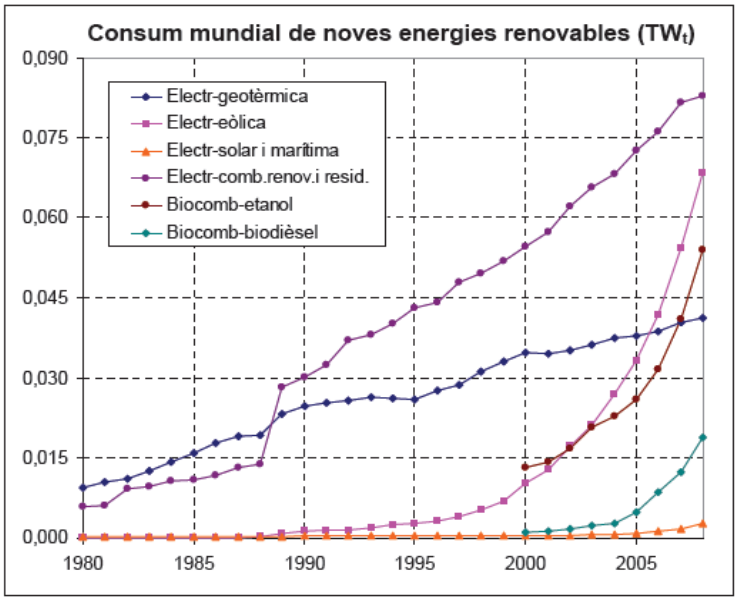


Figura 3. *Evolució del consum de les altres fonts elèctriques renovables en el període 1980-2008.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

En aquesta segona imatge podem veure com totes aquestes noves fonts d'energia renovables augmenten considerablement al llarg dels anys, exceptuant l'energia elèctrica aportada per la via solar i marítima, que ha augmentat però no al mateix ritme que la resta.

Tot i aquests augments en la seva utilització, el seu ús a escala mundial és molt reduït, tal com he comentat anteriorment, ja que la seva aportació nomes significa al voltant del 1% de la energia elèctrica consumida mundialment l'any 2008.

Per veure millor els consums energètics mundials i com estan distribuïts, afegirem també les dades que aporta en Carles Riba al seu llibre per apreciar l'evolució soferta per l'energia en les diferents regions que composen el món.

En aquesta primera imatge es poden observar les grans diferències que, pel que fa al consum energètic, es donen entre les regions on es situen els països desenvolupats i les regions on estan els països menys afavorits.

***Taula 2**. Evolució del consum d'energia en el món (TW_t), per regions*

	1980	%	1985	1990	1995	2000	2005	2008	%
Amèrica del Nord	3,068	29,56	3,048	3,399	3,673	3,998	4,106	4,039	22,61
Amèrica del Sud i c.	0,481	4,64	0,524	0,595	0,700	0,809	0,912	0,990	5,54
Europa	2,440	23,51	2,492	2,612	2,644	2,813	2,993	3,012	16,86
Euràsia	1,575	15,17	1,875	2,051	1,420	1,356	1,494	1,562	8,74
Orient Mitjà	0,196	1,89	0,287	0,376	0,463	0,581	0,764	0,875	4,90
Àfrica	0,428	4,12	0,514	0,580	0,655	0,742	0,875	0,930	5,21
Àsia i Oceania	2,191	21,11	2,582	3,152	3,870	4,282	5,744	6,458	36,15
Total	**10,379**	100,0	**11,322**	**12,766**	**13,424**	**14,581**	**16,888**	**17,866**	100,0
Índex 1980=100									
Amèrica del Nord	100,00		99,35	110,81	119,72	130,32	133,83	131,66	
Amèrica del Sud i C.	100,00		108,96	123,69	145,36	168,05	189,45	205,66	
Europa	100,00		102,12	107,04	108,36	115,27	122,65	123,45	
Euràsia	100,00		119,05	130,26	90,15	86,14	94,89	99,20	
Orient Mitjà	100,00		146,41	191,90	236,09	296,32	389,62	446,35	
Àfrica	100,00		120,09	135,53	153,09	173,42	204,55	217,35	
Àsia i Oceania	100,00		117,84	143,86	176,63	195,40	262,14	294,71	

***Font:** Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Els països de les regions més desenvolupades (Amèrica del Nord, Europa, Euràsia i Àsia i Oceania), l'any 2008 consumien el 84,36% de la energia produïda al món, cosa que en valors absoluts suposa 15,071 TW_t, mentre que el 1980 el consum d'energia era del 89,35% del total mundial.

Les altres regions, les més pobres, passen en aquests 28 anys del 10,65% al 15,64% en quantitat total de consums energètics mundials.

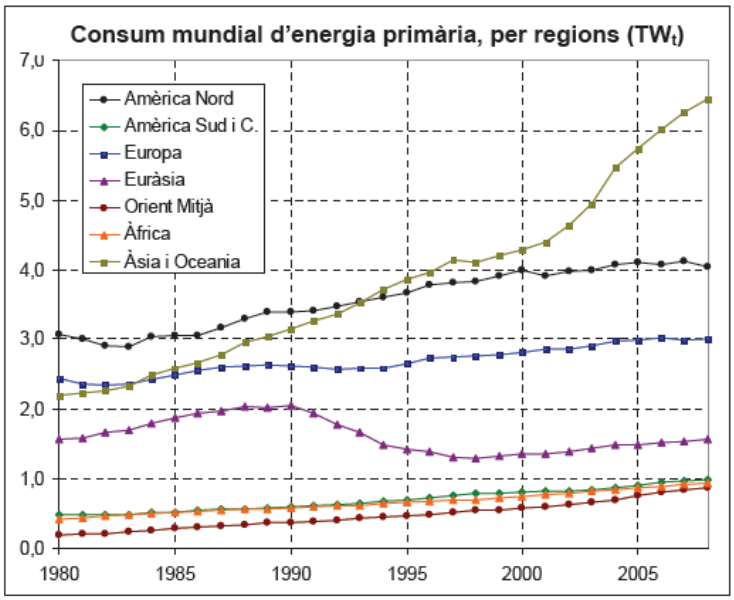


Figura 4. *Evolució del consum d'energia primària per regions en el període 1980-2008.*
Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Centrant-nos en cada regió per separat, Àsia i Oceania és l'indret que té un increment de consum d'energia més pronunciat. En termes absoluts augmenta el seu consum durant aquest període en 4,267 TW_t, passant de 2,191 TW_t a 6,458 TW_t avui en dia, el qual significa el 56,99% del increment total mundial. El seu pes percentual en el consum mundial també es veu augmentat considerablement, passant del 21,11% al 36,15%. Amb aquest augment el conjunt format per Àsia i Oceania passa a ser la regió mundial capdavantera en el consum d'energia, desbancant d'aquesta posició Amèrica del Nord.

Amèrica del Nord ha augmentat en el període estudiat en valors absoluts 0,971 TW_t, que és un creixement del 31,66%. Passa de consumir el 29,56% de la energia mundial a "solament" el 22,61%, aquest fet és degut a la evolució soferta en els darrers anys en termes energètics per la Xina i la Índia, tot i que aquesta última en menor mesura.

Europa també ha augmentat el seu consum energètic en els darrers 28 anys, tot i que el seu pes percentual s'ha vist reduït. En valors absoluts passa de 2,440 TW_t a 3,012 TW_t, augmentant en un 23,45%. Pel que fa al seu consum a escala mundial, el consum a Europa s'ha reduït passant d'un 23,51% a un clar i descendent 16,86%.

Euràsia és la única regió que disminueix el seu consum energètic en aquest període estudiat. Aquest declivi del consum s'ocasiona a partir del 1990, tot i que és en unes xifres molt petites. Aquesta fet ve derivat de l'enfonsament polític sofert pel bloc soviètic als inicis dels anys 90. Les dades indiquen que passa de consumir el 15,17% de la energia mundial a l'any 1980 (1,575 TW_t) a absorbir el 8,74% del total mundial avui en dia (1,562 TW_t).

Orient Mitjà és la regió on es produeix el increment més elevat percentualment parlant. Aquest augment és del 346,35%, en termes absoluts aquests regió passa de consumir 0,196 TW_t als inicis dels 80 al consum actual de 0,875 TW_t, cosa que en percentatges a escala mundial suposen 1,89% i 4,90% en els anys 1980 i 2008, respectivament.

Amèrica del Sud i Central també ha augmentat el consum d'energia ja que ha passat de consumir el 4,64% mundial l'any 1980 a consumir el 5,54%. En valors absoluts aquest increment suposa passar de 0,481 TW_t a 0,990 TW_t o el que és el mateix, s'ha doblat el seu consum energètic durant el període compres entre 1980 i 2008.

Per últim, Àfrica també augmenta el seu consum energètic en aquests últims anys. El seu consum passa, en termes absoluts, de 0,428 TW_t als inicis de la dècada dels 80 al valor actual que és de 0,930 TW_t. El seu pes percentual passa de suposar el 4,12% al 5,21% l'any 2008.

Una alta forma de veure com ha evolucionat el consum energètic per regions és fer-ho en funció dels habitants que de cada indret, és a dir, per capità. Mitjançant les imatges, una altra vegada extretes del llibre *Recursos energètics i crisi, la fi de 200 anys irrepetibles,* podrem analitzar com el consum d'energia primària ha variat en el període 1980-2008.

En aquesta primera taula es pot observar com el consum energètic per capità s'ha mantingut constant durant 20 anys, sobre els 2.400 W_t/hab. A partir del nou segle s'ha incrementat aquest consum però molt lleugerament fins arribar als valors de 2008, 2.670 W_t/hab.

Com pot semblar previsible, les regions més riques tenen un consum per càpita per sobre de la mitjana mundial. Europa, Amèrica del Nord, Orient Mitjà i Euràsia tenen, l'any 2008, un consum per capità mitjà de 6.212 W_t/hab, amb uns valors màxims i mínims de 9028 W_t/hab i 4.397 W_t/hab respectivament. Afegir que la població d'aquests quatre indrets és de 1.527 milions de persones, el 23% del total del món.

A les altres tres regions (Amèrica del Sud i Central, Àsia i Àfrica), que és on es situa la major part de la població amb 5.163 milions de persones, el consum mitjà per capità es situa als 1.627 W_t/hab, amb uns valors que van de 961 W_t/hab a 2.113 W_t/hab.

Taula 3. *Evolució del consum d'energia primària per càpita (W_t/hab), per regions*

	1980	Món=100	1985	1990	1995	2000	2005	2008	món=100
Amèrica del Nord	9.563	410,22	8.930	9.365	9.435	9.672	9.454	9.028	338,09
Amèrica del Sud i c.	1.648	70,69	1.619	1.666	1.797	1.926	2.026	2.113	79,15
biomassa tradicional[1]	327		345	309	286	268	290	302	
Europa	4.600	197,33	4.586	4.684	4.632	4.841	5.058	5.043	188,87
Euràsia	5.922	254,00	6.748	7.133	4.881	4.698	5.240	5.506	206,20
Orient Mitjà	2.063	88,50	2.497	2.781	3.039	3.428	4.097	4.397	164,67
Àfrica	895	38,40	929	919	918	923	969	961	35,99
biomassa tradicional[1]	420		414	417	419	423	432	435	
Àsia i Oceania	887	38,06	958	1.069	1.214	1.256	1.591	1.733	64,89
biomassa tradicional[1]	224		224	223	216	211	214	215	
Món	**2.331**	100,00	**2.334**	**2.417**	**2.358**	**2.396**	**2.614**	**2.670**	100,00
biomassa tradicional[1]	222		229	229	229	229	239	244	
1980=100	100,0		100,11	103,68	101,14	102,78	112,11	114,54	

[1] El consum de biomassa tradicional per càpita és inclòs en el consum d'energia primària per càpita de l'àmbit geogràfic corresponent (la línia immediatament superior).

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

La major diferència entre regions es troba entre Amèrica del Nord i Àfrica. La primera d'aquestes té un consum l'any 2008 de 9.028 W_t/hab mentre que l'ús d'Àfrica és mes o menys 10 vegades inferior, uns 961 W_t/hab.

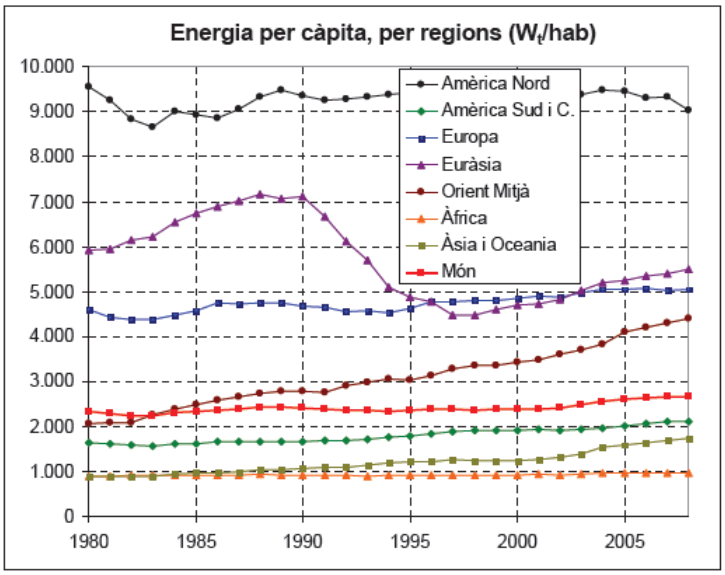


Figura 5. *Evolució de l'energia consumida per càpita en les diferents regions del món en el període 1980-2008.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Pel que fa als increments percentuals, dos regions dupliquen el seu consum. Aquestes són Orient Mitjà, que augmenta en un 111,13% i l'altre indret és Àsia i Oceania on aquest creixement es del 95,29%. La resta de regions no sofreixen gairebé increments durant els 28 anys estudiants i els valors de consum d'energia primària per capità es mantenen constants durant aquest temps.

Observant la gràfica de l'energia per càpita per regions es pot observar com Euràsia duia una dinàmica creixent fins que als inicis dels 90, degut a la caiguda del règim soviètic, sofreix una davallada força important i es situa en el seu consum per capità actual un pel per sota del que tenia l'any 1980.

1.4. Esgotament de les reserves

Els combustibles fòssils i l'urani són fonts energètiques no renovables i, com he comentat anteriorment, són finites. La seva importància i utilització a la societat moderna s'ha anat incrementant significativament, i de manera especial des de començament de la dècada dels 80, i fins al punt que el seu consum energètic suposa al voltant del 84% del consum total mundial d'energia.

Per causa d'aquesta alta significació en el consum mundial d'energia, una qüestió que s'ha de tenir en compte i no perdre mai de vista és la quantificació de les reserves existents en cadascun dels diferents hidrocarburs i de l'urani, cosa que ens ha de permetre calcular la seva durada y disponibilitat.

Com he fet fins ara, i seguint la informació facilitada per Carles Riba al seu llibre, a continuació presento una taula amb dades importants sobre la quantificació de les reserves mundials dels diferents combustibles, a les diverses regions del món.

Taula 4. *Reserves de combustibles en el món (TW_ta), per regions*

		Petroli	Gas nat.	Carbó	Urani	Total		Població
	Fonts d'informació	Oil&Gas J. 2007	Oil&Gas J. 2007	WEC 2007	NEA-IAEA 2007	diverses 2007		EIA 2007
Món	Unitats físiques	Gb[1]	Tcf[1]	Tg[1]	ktU[1]			
	Mesures físiques	1.316,7	6.189,4	826.002	5.468,8			
	Factor de conversió	TW_ta/Gb	TW_ta /Tcf	TW_ta/Mst	TW_ta/ktU			
	Mitjana mundial	0,19639 [2]	0,03480 [2]	0,000698 [2]	0,013751 [2]			
	Unitat energètica	TW_ta	TW_ta	TW_ta	TW_ta	TW_ta	% món	Mhab
	Món	**258,577**	**215,383**	**577,032**	**75,200**	**1.126,191**	100,00	**6.614,13**
	% sobre recursos	22,96	19,12	51,24	6,68	100,00		
2	Amèrica del Nord	**41,385**	9,743	**186,043**	10,506	**247,676**	21,99	443,06
6	Amèrica del Sud i c.	20,946	9,125	10,252	4,054	44,376	3,94	462,28
7	Europa	3,030	5,964	16,065	1,566	26,626	2,36	595,51
1	Euràsia	19,452	**68,352**	**152,503**	**23,010**	**263,316**	23,38	284,12
3	Orient Mitjà	**145,268**	**90,164**	1,188	1,559	**238,180**	21,15	194,96
5	Àfrica	22,014	17,375	25,108	14,365	78,863	7,00	945,91
4	Àsia i Oceania	6,483	14,661	**185,873**	**20,139**	**227,155**	20,17	3.688,28

[1] Gb (giga) = 10^9 barrils; Tcf (tera) = 10^{12} peus cúbics; Tg = (tera) = 10^6 tones (de totes les categories de carbó); ktU (quilo) = 10^3 tones d'urani natural.
[2] Els càlculs s'han realitzat sobre la base de: *petroli*, valor mitjà mundial, 43,02 GJ/Mg (mínim 37,89 i màxim 44,89); *gas natural*: valor mitjà, 38,76 kJ/m^3 (mínim 29,96 i màxim 48,84); *carbó*: sobre la base de països i valors mitjans de rendiment energètic per a cada tipus de carbó (taula 3.5); valor mitjà: 22,03 GJ/Mg (mínim, 5,26 i màxim 32,09); *urani*: valor mitjà mundial, 433,64 TJ / MgU_{nat}.

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

En aquesta primera imatge podem observar les reserves de cada un dels combustibles no renovables per regions, segons les dades proporcionades per les grans agencies especialitzades en l'anàlisi d'aquest camp.

La segona de les imatges, presentada a continuació, amplia el detall anterior indicant-nos el repartiment de les reserves existents avui en dia, però en aquest cas classificades per països.

Taula 5. *Reserves dels diferents combustibles en el món (TW_ta), per països (2007)*

		Petroli	Gas nat.	Carbó	Uranl	Total		Població
Món	Unitat	TW_ta	TW_ta	TW_ta	TW_ta	TW_ta	% món	Mhab
	Món	**258,577**	**215,383**	**577,032**	**75,200**	**1.126,191**	100,00	**6.614,13**
	% sobre reserves	22,96	19,12	51,24	6,68	100,00		
1	Estats Units	4,069	7,259	**180,049**	4,661	**196,039**	17,41	**301,29**
2	Rússia	**11,803**	**56,708**	**106,858**	7,502	**182,871**	16,24	**141,38**
3	Xina	3,147	2,797	**85,056**	0,934	**91,933**	8,16	**1.321,85**
4	Austràlia	0,297	1,105	**58,051**	**17,092**	**76,546**	6,80	20,75
5	Iran	**26,842**	**34,409**	1,188	0,022	**62,461**	5,95	65,40
6	Aràbia Saudita	**51,860**	8,406			**60,266**	5,35	27,59
7	Canadà	**34,832**	1,983	5,092	5,819	**47,727**	4,24	32,94
8	Kazakhstan	5,901	3,503	**19,182**	**11,238**	**39,824**	3,54	15,28
9	Índia	1,078	1,313	**35,521**	1,002	**38,915**	3,46	**1.124,13**
10	Qatar	2,939	**31,891**			**34,830**	3,09	0,81
11	África del Sud	0,003		**23,732**	5,983	**29,717**	2,64	48,37
12	Ucraïna	0,078	1,366	**24,594**	2,743	**28,781**	2,56	46,30
13	Emirats Àrabs Units	**18,937**	7,510			**26,447**	2,35	4,44
14	Iraq	**22,391**	3,923			**26,314**	2,34	27,50
15	Veneçuela	**16,422**	6,071	0,487		**22,980**	2,04	26,02
16	Kuwait	**20,105**	1,926			**22,032**	1,96	2,51
17	Nigèria	7,125	6,371	0,159		**13,655**	1,21	**143,31**
19	Líbia	8,011	1,844			9,855	0,88	6,05
18	Brasil	2,328	0,376	3,038	3,828	**9,570**	0,85	**193,92**
20	Algèria	2,280	6,098	0,052	0,268	8,699	0,77	33,36
21	Indonèsia	0,826	3,566	3,669	0,080	8,140	0,72	**234,69**
22	Colòmbia	0,293	0,124	6,174		6,591	0,59	42,60
23	Uzbekistan	0,117	2,211	1,464	1,526	5,318	0,47	27,08
24	Polònia	0,019	0,157	4,268		4,443	0,39	38,52
25	Noruega	1,476	2,947	0,005		4,413	0,39	4,64
26	Sèrbia i Montenegro			4,112		4,112	0,37	9,92
27	Namibia		0,077		3,781	3,858	0,34	2,07
28	Níger			0,060	3,768	3,828	0,34	14,21
29	Mèxic	2,483	0,500	0,782	0,025	3,791	0,34	**108,70**
30	Turkmenistan	0,118	3,503			3,621	0,32	38,50
32	Alemanya	0,073	0,269	3,046	0,096	3,485	0,31	82,40
33	Egipte	0,733	2,049	0,018		2,800	0,25	75,68
35	Pakistan	0,056	0,816	1,291		2,163	0,19	**169,12**
42	Regne Unit	0,752	0,606	0,119		1,477	0,13	60,78
44	Tailàndia	0,061	0,482	0,547		1,091	0,097	65,15
45	Sudan	0,850	0,104			0,955	0,085	39,38
54	Turquia	0,060	0,010	0,559	0,100	0,729	0,065	74,77
57	Vietnam	0,121	0,236	0,110	0,088	0,555	0,049	86,52
60	Japó	0,012	0,056	0,314	0,091	0,473	0,042	**127,43**
67	Itàlia	0,124	0,198	0,009	0,084	0,415	0,037	58,18
68	Espanya	0,029		0,205	0,155	0,393	0,035	40,45
69	Birmània	0,010	0,353	0,001		0,364	0,032	47,37
70	Filipines	0,027	0,120	0,211		0,358	0,032	94,16
77	França	0,024	0,012		0,161	0,197	0,017	63,71
79	Bangla Desh	0,005	0,164			0,169	0,015	**152,03**
86	Congo (Kinshasa)	0,035		0,074	0,037	0,146	0,013	64,39
93	Corea del Sud			0,083		0,083	0,007	48,25
121	Etiòpia					0,000	0,000	79,94

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Per facilitar la comprensió de les dades, la última taula facilitada al llibre *Recursos energètics i crisi, la fi de 200 anys irrepetibles* mostra els països capdavanters en reserves de cada un dels recursos energètics no renovables.

Taula 6. *Primers països en reserves de cada un dels recursos energètics no renovables*

Països		Petroli			Països		Gas natural		
		TW_ta	%	% acum			TW_ta	%	% acum
1	Aràbia Saudita	51,860	20,06	20,06	1	Rússia	56,708	26,33	26,33
2	Canadà	34,832	13,47	33,53	2	Iran	34,409	15,98	42,30
3	Iran	26,842	10,38	43,91	3	Qatar	31,891	14,81	57,11
4	Iraq	22,391	8,66	52,57	4	Aràbia Saudita	8,406	3,90	61,01
5	Kuwait	20,105	7,78	60,34	5	Em. Àrabs Units	7,510	3,49	64,50
6	Em. Àrabs Units	18,937	7,32	67,67	6	EUA	7,259	3,37	67,87
7	Veneçuela	16,422	6,35	74,02	7	Nigèria	6,371	2,96	70,83
8	Rússia	11,803	4,56	78,58	8	Algèria	6,098	2,83	73,66
9	Líbia	8,011	3,10	81,68	9	Veneçuela	6,071	2,82	76,48
10	Nigèria	7,125	2,76	84,43	10	Iraq	3,923	1,82	78,30
Països		Carbó			Països		Urani		
		TW_ta	%	% acum			TW_ta	%	% acum
1	EUA	180,049	31,13	31,13	1	Austràlia	17,092	22,73	22,73
2	Rússia	106,858	18,47	49,60	2	Kazakhstan	11,238	14,94	37,67
3	Xina	85,056	14,70	64,30	3	Rússia	7,502	9,98	47,65
5	Austràlia	58,051	10,04	74,34	4	Àfrica del Sud	5,983	7,96	55,61
4	Índia	35,521	6,14	80,48	5	Canadà	5,819	7,74	63,34
8	Ucraïna	24,594	4,25	84,73	6	EUA	4,661	6,20	69,54
6	Àfrica del Sud	23,732	4,10	88,84	7	Brasil	3,828	5,09	74,63
7	Kazakhstan	19,182	3,32	92,15	8	Namíbia	3,781	5,03	79,66
9	Colòmbia	6,174	1,07	93,22	9	Níger	3,768	5,01	84,67
10	Canadà	5,092	0,88	94,10	10	Ucraïna	2,743	3,65	88,32

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Amb les dades anteriors es pot determinar que, segons el ritme de consum actual que està xifrat en 15,009 TW_t a l'any 2008, les reserves mundials de combustibles no renovables s'exhauriran en 75 anys, i això sense tenir en compte l'increment de consum constant que s'està donant.

Una altra dada altament significativa és que les fonts d'energia procedents dels recursos no renovables estan geogràficament mal repartides.

Tal i com es pot observar, els dos països que més reserves disposen són Estats Units i Rússia. Entre tots dos països sumen el 33,65% de les reserves mundials existents de fonts no renovables. La dada anterior pren més significació si tenim en compte que entre tots dos països concentren un total de 442,67 milions de habitants, es a dir, sols el 6,7% de la població mundial.

De fet, els 10 primers països d'aquesta llista engloben el 73,7% de les reserves mundials de combustibles fòssils i d'urani, tot i que entre tots ells sumen una quantitat total de població que només ascendeix al 46,2% del total mundial. Però, si d'aquests 10 països extraiem als dos que tenen major quantitat d'habitants, concretament la Xina i la Índia, les xifres són molt més impactants, ja que, els altres vuit països restants disposen del 9,2% de la població mundial, i tenen unes reserves de recursos energètics no renovables de 700,6 TW_ta, el que suposa el 62,1% mundial. Per contra, els dos països més poblats de la terra contenen el 37,0% dels habitants del nostre planeta i solament disposen de 130,8 TW_ta, el 11,6%.

Seguint amb l'anàlisi anterior, i fixant-nos en aquest cas de manera particularitzada en les quatre fonts d'energia no renovables , podem veure que els deu primers països en reserves per a cada modalitat engloben més del 80% de les reserves de cada font energètica. Si filem encara més prim, i si únicament tenim en compte els quatre principals països en reserves de cada font energètica, podem veure que aquests quatre ja sumen més del 50% de les reserves mundials en el cas de petroli i urani, i arriben fins al 60% de les reserves mundials en el cas del gas natural i el carbó.

El combustible no renovable més abundant és el carbó. Les seves reserves són el 51,2% de les reserves mundials de fonts d'energia no renovable. Els 10 països que més reserves tenen de carbó ja engloben el 94,05% de les reserves mundials d'aquest combustible, confirmant la mala repartició existent de les fonts d'energia en el nostre planeta.

Les reserves de petroli són les segones en importància, són el 22,96% del total de combustibles no renovables. Els 10 primers països pel que fa a reserves d'aquesta font energètica ja acumulen el 84,46% del total de petroli al món.

El gas natural és el següent. Les seves reserves suposen el 19,12% del total mundial i es concentren en 3 països, que per si sols ja sumen més del 55% de les reserves mundials de gas natural (Rússia, Iran i Qatar). Agafant els deu primers de la llista en reserves de gas natural, trobem que concentren el 78,32% de les reserves mundials d'aquesta font d'energia.

Per últim, l'urani és la font energètica amb les reserves més reduïdes, solament disposa del 6,68% del total. Com en els altres casos, estan molt mal repartides i ja els tres principals països (Austràlia, Kazakhstan i Rússia) ja sumen més del 45% del urani mundial. Els següents 7 de la llista concentren el 88,35% de les reserves d'urani en tot el món.

1.4.1. Les reserves de petroli

Una qüestió molt rellevant per valorar les estimacions de reserves de petroli existents és saber com han evolucionat al llarg del temps.

La primera conclusió que es pot traure és que les reserves de petroli al llarg dels anys sempre han augmentat en lloc de disminuir degut al seu elevat consum. Aquest fet es ocasionat pels nous descobriments de jaciments petroliers.

Aquesta observació ha fet pensar als defensors del petroli i a les mateixes petrolieres que ens trobem davant un recurs gairebé inexhaurible.

Amb la gràfica proporcionada pel llibre del Carles Riba de la evolució de les reserves de petroli, es poden observar dos fets que criden la atenció.

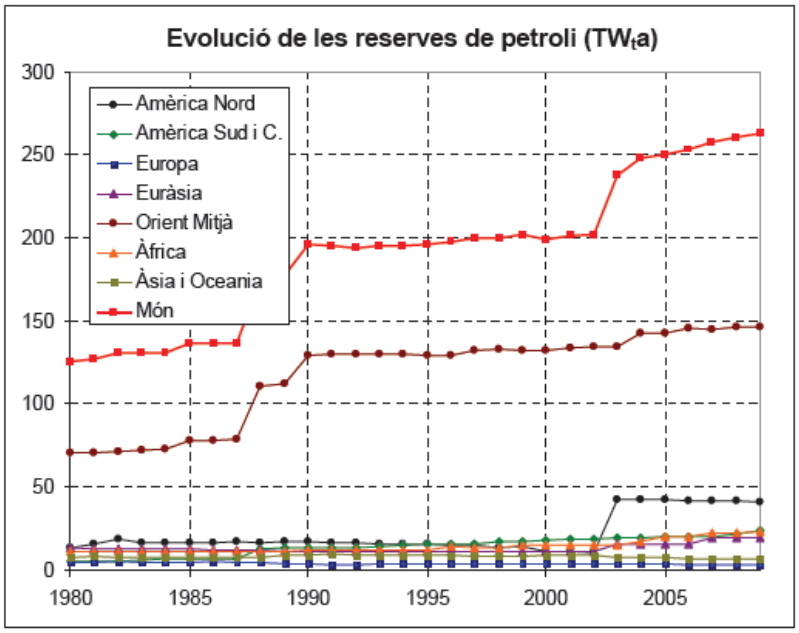


Figura 6. *Evolució de les reserves de petroli (segons Oil&Gas Journal), traduïdes a TW_ta.*
Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Durant els anys 1987-1990 i 2002-2003 les reserves de petroli s'incrementen considerablement de forma sobtada.

La primera discontinuïtat es deu a que a partir de l'any 1982 els països del OPEP decideixen establir quotes de producció en funció de les reserves de cada país per tal de controlar els preus del mercat internacional. Per aquest motiu, aquests països petroliers revisen a l'alça les seves reserves de cru sense que es registrin descobriments significatius de nous jaciments.

La segona discontinuïtat ve ocasionada per l'acceptació com a reserves de petroli convencional d'una gran part de les sorres bituminoses del Canadà. Aquest fet fa que aquestes sorres de Athabasca passin a ser considerades les segones reserves de petroli del món.

Els estudis fets demostren que els nous descobriments de jaciments petroliers decauen significativament a partir del any 1975, mentre que la producció de petroli ha anat augmentant de forma paulatina al llarg dels anys. Per tant, els nous descobriments fets no justifiquen els creixements de les estimacions de reserves de petroli.

1.4.2. El zenit del petroli

Al llarg de la història de la humanitat, hi ha hagut moltes civilitzacions que a causa de l'exhauriment dels recursos que els proporcionava el medi on habitaven han entrat en decadència o, fins i tot, han desaparegut.

Podem visualitzar els límits que pot tenir la naturalesa, avui en dia, a través de manifestacions amb greus repercussions ambientals com podem ser el canvi climàtic i el declivi constant dels recursos naturals de que disposem.

Un dels indicador que ens mostra del perill de trobar-nos davant del final de la era de l'aprofitament dels recursos naturals que ens ofereix la Terra és la teoria del Zenit de Hubbert[3].

Segons aquesta teoria, ideada inicialment per predir la producció de petroli als Estats Units, s'estableix que la extracció de qualsevol recurs de la naturalesa (i en aquest cas petroli) en una zona geogràfica prou extensa segueix una corba en forma de campana simètrica, que té el seu màxim, zenit, quan s'ha extret la meitat de les reserves d'aquest recurs. A partir d'aquest pic, la producció comença a declinar fins que el recurs en si s'exhaureix.

[3] M. K. Hubbert fou un geofísic nord-americà i consultor de l'empresa petroliera Shell reconegut mundialment per la seva teoria del zenit o producció màxima del petroli als Estats Units.

Aquesta teoria de Hubbert cada cop té una acceptació més gran per causa de que irremissiblement els seus pronòstics es van complint. Tot i l'anterior, les grans agencies de l'energia sovint presenten argumentacions que defensen que en que encara queden moltes reserves de combustibles no renovables per descobrir, cosa que sembla orientada a refutar la teoria de Hubbert i, especialment, a tranquil·litzar l'opinió pública i no crear conflictes.

Laherrère[4], que fou enginyer de la multinacional petroliera francesa Total, és un dels especialistes que més ha indagat sobre el tema del zenit de les reserves de combustibles no renovables.

Les estimacions i previsions realitzades per part de Laherrère semblen avalar les dades relacionades amb la previsió de reserves de petroli i de combustibles líquids naturals i sintètics ja consumits, les reserves existents avui en dia i les que possiblement encara resten per descobrir en el futur.

Laherrère distingeix dos tipus de petrolis: el barat i el car. Dins del primer grup hi són el petroli convencional i els líquids que s'extrauen amb el gas natural (propà i butà). En el segon bloc es troben el petroli extrapesat i els petrolis sintètics.

Segons les previsions del enginyer francès, el zenit del petroli convencional va arribar l'any 2006 i el seu exhauriment ocorrerà l'any 2060. Amb la addició del petroli no convencional al còmput global de petroli, el zenit dels combustibles líquids es situa entre els anys 2010 i 2015 sense tenir en compte les variacions de consum d'energia ocorregudes per crisis econòmiques.

[4] J. Laherère ha publicat nombrosos estudis sobre l'evolució de la producció dels recursos energètics. Un bon resum de les seves estimacions i conclusions es troben en el treball presentat juntament amb J-L. Wingert a la VII Conferència anual d'ASPO a Barcelona.

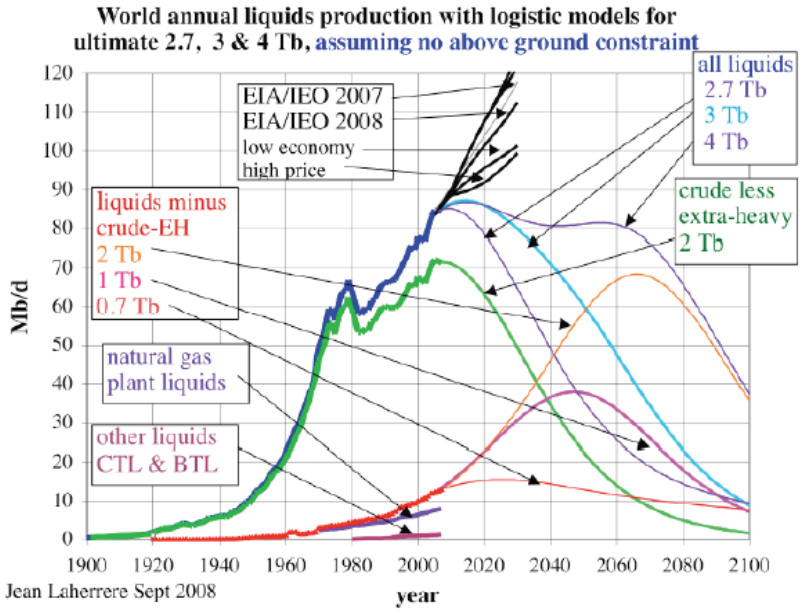


Figura 7. *Previsions del J. Laherrère [Lah-2008] sobre el zenit del petroli. Producció anual de (combustibles) líquids amb models logístics per a reserves ultimes de 2,7 Tb, 3 Tb i 4 Tb, considerant restriccions raonables sense tensions socials ni increments importants i ràpids de preu (no above ground constraints).* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Les estimacions de les grans agencies d'energia, com he dit anteriorment, contradiuen el model proposat per Hubbert i les estimacions de Laherrère i preveuen un creixement constant, tot i que la realitat de la evolució del petroli dista dels seus plantejaments.

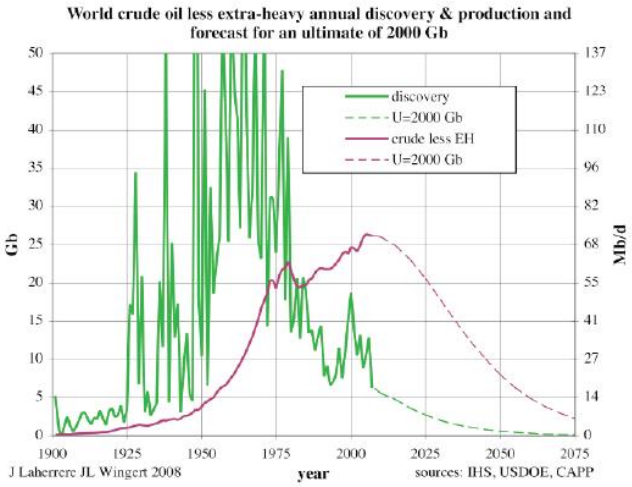


Figura 8. *Descobriments anuals de petroli en el món (en verd) i producció (en lila). Previsions en línies discontinues.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

L'augment de la demanda i les millores tecnològiques que s'aniran desenvolupant amb les inversions dels països capdavanters poden modificar el moment del zenit del petroli, però el seu declivi i la seva fi arribaran irremeiablement.

1.4.3. Les reserves de gas natural i el seu zenit

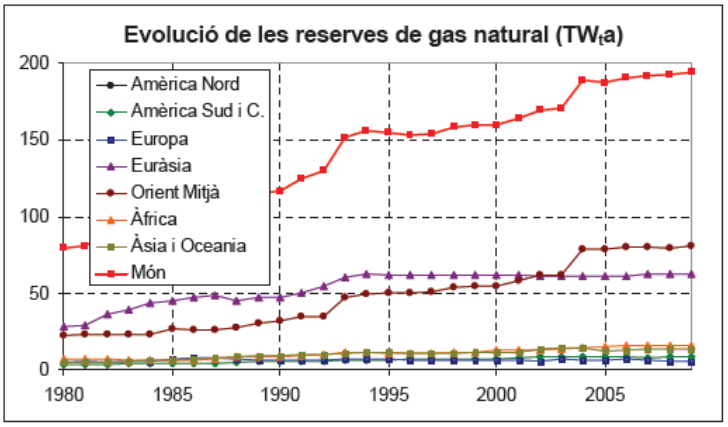


Figura 9. *Evolució de les reserves mundials de gas natural, traduïdes a TW_ta.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Com en el cas del petroli, les reserves de gas natural també han anat en augment al llarg del pas dels anys, tot i que aquesta evolució presenta algunes discontinuïtats ocasionades per la descoberta de nous jaciments de camps de gas.

Del llibre de Carles Riba podem obtenir la següent gràfica, proporcionada per Laherrère, on la qual es visualitza el descobriment de nous jaciments de gas natural i el consum d'aquest.

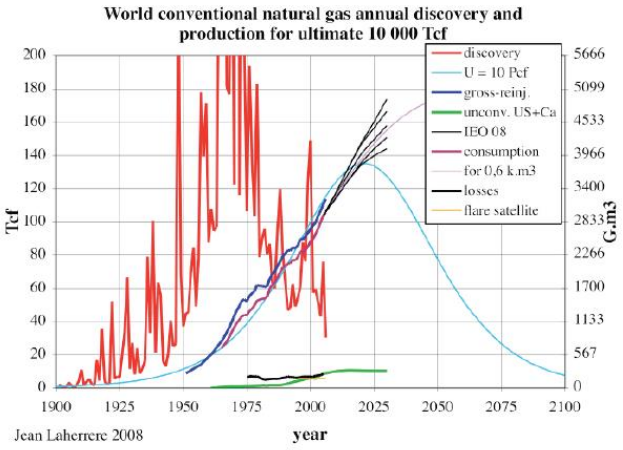


Figura 10. *En vermell: descobriments anuals de gas no convencional en el món; en blau: gas reinjectat; en lila: gas consumit; en verd: gas no convencional; en negre: pèrdues; en groc: cremadors de gas en els pous (detectats per satèl·lit); en blau clar: previsió de producció-consum; en negre fina (diverses línies): previsions d'International Energy Outlook (IEO-2008, EIA-govEUA).* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

En aquesta imatge es pot observar que en els darrers anys encara hi ha hagut alguns descobriments força rellevants de gas natural, tot i que la tendència general és a la baixa. També podem observar que el zenit del gas natural es situa entre els anys 2015 i 2020.

1.4.4. Les reserves de carbó i el seu zenit

Al contrari que el gas natural i el petroli, les reserves de carbó disminueixen amb els anys. Mitjançant la taula proporcionada pel Carles Riba, es pot analitzar l'evolució soferta per les reserves de carbó.

En aquesta taula es pot veure com hi ha diversos països que disminueixen de forma injustificada les seves reserves de carbó. Són els casos de Índia, que el 2002 augmenta les seves reserves fins els 92.455 Tg per baixar sobtadament a 58.600 Tg; l'Àfrica del Sud disminueix de 55.333 Tg l'any 1999 fins a 30.408 Tg el 2007; Indonèsia, sense gairebé reserves l'any 1989, puja fins 32.063 Tg el 1990 però cau a 5.220 Tg l'any 1996; o Brasil, que augmenta de 2.845 a 11.950 Tg el 1996 per disminuir a 7.008 Tg l'any 2008.

Taula 7. *Evolució de les estimacions de les reserves de carbó (Tg. O milions de tones)*[1]

Països	1990 [2] (1992)	1993? [2] (1995)	1996 [2] (1998)	1999 [2] (2001)	2002 [2] (2004)	2005 [2] (2007)	2007 [2] (2009)
Estats Units	240.561	240.558	246.643	249.994	246.643	242.721	238.308
URSS	241.000	241.000					
Rússia	URSS	URSS	157.010	157.010	157.010	157.010	157.010
Xina	114.500	114.500	114.500	114.500	114.500	114.500	114.500
Índia	62.548	69.947	74.733	84.396	92.445	59.498	58.600
Austràlia	90.940	90.940	90.400	82.090	78.500	76.600	76.200
Àfrica del Sud	55.333	55.333	55.333	49.520	48.750	48.000	30.408
Kazakhstan	URSS	URSS	34.000	34.000	31.279	31.300	31.300
Ucraïna	URSS	URSS	34.356	34.153	34.153	33.873	33.873
Alemanya	80.069	67.300	67.000	66.000	6.739	6.708	6.708
Polònia	41.200	42.100	14.309	22.160	14.000	7.502	7.502
Regne Unit	7.148	2.500	1.500	1.500	220	155	155
Indonèsia	32.063	32.063	5.220	5.370	4.968	4.328	4.328
Sèrbia i Mont.	16.570	16.570	16.472	16.256	16.591	13.885	13.885
Brasil	2.359	2.845	11.950	11.929	10.113	7.088	7.059
Colòmbia	4.539	4.539	6.749	6.648	6.611	6.959	6.814
Resta del món	73.821	75.369	89.207	83.760	79.857	65.293	67.109
Món	**1.039.183**	**1.031.610**	**984.211**	**984.453**	**909.064**	**847.488**	**826.001**

[1] La sèrie temporal s'inicia el 1924 i hi ha vuit estimacions abans de la de 1992. Tanmateix, les primeres no s'han reproduït a causa de les omissions de països o la major incoherència de les dades.
[2] Reserves a la fi de l'any (entre parèntesis, la data de publicació).

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Les disminucions més pronunciades es troben en països europeus, en els quals les reserves han minvat significativament per motiu de la seva alta i persistent explotació. Són casos com els d'Alemanya, que passa de tindre unes reserves de 80.069 Tg l'any 1990 a sol disposar-ne de 6.739 Tg, en tan sols un termini de temps de deu anys de diferencia; el Regne Unit que l'any 1980 disposava de unes reserves estimades de carbó de 45.000 Tg i que avui en dia té unes reserves gairebé insignificants de 155 Tg; o Polònia, amb unes reserves reconegudes de 41.200 Tg i que l'any 1990 han descendit fins als valors actuals que són de 7.502 Tg.

Tot i que en valors quantitatius s'aprecia força la davallada de les reserves estimades de carbó, aquesta resulta encara més significativa si l'analitzem des d'un punt de vista qualitatiu. Amb la taula següent es pot analitzar aquest fet en funció de les grans regions del món.

Taula 8. *Reserves de carbó per regions segons el tipus (2007) i l'equivalent energètic*

Regions	Tipus de carbó[1]				Energia primària	
	Antr./bitum. Tg	Subbitum. Tg	Lignit Tg	Total Tg	Total[2] TW_ta	Rend.E.M.[3] GJ/Mg
Amèrica del Nord	113.281	100.473	32.526	246.280	186,043	23,823
Amèrica del Sud i c.	6.964	8.019	24	15.007	10,252	21,545
Europa	8.433	3.567	34.068	46.068	16,065	10,997
Euràsia	93.609	114.049	18.337	225.995	152,503	20,698
Orient Mitjà	1.386	0	0	1.386	1,188	27,033
Àfrica	31.839	171	3	32.013	25,108	24,734
Àsia i Oceania	155.809	38.540	64.904	259.253	185,873	22,610
Món	**411.321**	**264.819**	**149.862**	**826.002**	**577,032**	**22,031**

[1] Antracita/bituminós; subbituminós; lignit.
[2] Valors energètics obtinguts a partir del tonatge de les reserves de carbó estimades l'any 2007 (font: WEC) i rendiment energètic mitjà per a cada regió (en GJ/Mg) l'any 2007.
[3] Rendiment energètic mitjà obtingut a partir dels valors del tonatge total i de l'energia primària dels carbons extrets en cada país l'any 2007 (font: EIA-gov EUA). Se suposa que les reserves no són de millor qualitat que el carbó que es produeix avui dia; en tot cas, tendiran a donar un rendiment energètic inferior a mesura que s'exhaureixin els recursos de millor qualitat.

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

Podem observar que les grans regions carboníferes (Àsia i Oceania, Amèrica del Nord i Euràsia) reparteixen les seves reserves entre carbons d'alta qualitat (antracites i bituminosos) i de baixa qualitat (subbituminosos i lignits).

Europa, que és la regió que va a continuació, té al voltant d'un 80% dels carbons de baixa qualitat, cosa que fa que vagi per davant d'Àfrica en quantitat, però que se situï per enrere en qualitat, ja que les reserves africanes són pràcticament totes de la més alta qualitat.

Amèrica del Sud té la meitat de reserves que Àfrica i un terç que les de Europa, tot i destacar el seu bon repartiment qualitatiu entre carbons d'alta i de baixa qualitat.

El que es situa a la cua pel que fa a reserves de carbons es l'Orient Mitjà, amb unes reserves gairebé inexistents, però encara que aquestes siguin força minses ho son de la més alta qualitat totes elles.

Pel que fa el zenit del carbó, l'agencia més especialitzada en aquest combustible fòssil, el Watch Energy Group, fa una estimació de que aquest es pot arribar a produir, aproximadament, al voltant dels anys 2025 i 2030.

En línies generals, i a la vista de les dades disponibles sobre els consums i les reserves de carbó, es pot concloure que tot i que el carbó és el combustible fòssil amb les majors reserves existents, el zenit de la producció arribarà força aviat, i aquest s'acabarà exhaurint inevitablement. A pesar d'aquesta negativa previsió, s'ha de dir que el declivi d'aquest recurs serà més suau i prolongat que no pas el que s'espera per a altres combustibles fòssils, com es el cas del petroli i del gas natural.

1.4.5. L'obtenció i les reserves d'urani

En els darrers anys, amb l'increment de la preocupació per l'escassetat de combustibles fòssils, del petroli en especial i amb l'amenaça del canvi climàtic de rerefons, s'ha impulsat una campanya a favor de la energia nuclear com a millor alternativa de futur en quan als recursos energètics, remarcant a més de que es tracta d'una font energètica pràcticament inexhaurible i que no produeix emissions de gasos d'efecte hivernacle. Aquestes dos premisses no són certes del tot.

La primera d'elles diu que l'urani és una font energètica inacabable, cosa que com saben no és certa ja que les reserves d'urani de la terra tant sols són el 6,37% del conjunt de les reserves de recursos energètics no renovables, i si seguim amb el ritme actual de consum, podem estimar que el seu exhauriment ocorrerà durant aquest mateix segle que acabem de encetar.

La segona d'elles afirma que l'energia nuclear no emet gasos d'efecte hivernacle, cosa que no és del tot certa. És veritat que la fissió que té lloc al reactor nuclear no ocasiona gasos de efecte hivernacle, però tots els processos que es duen a terme des de que s'obté l'urani a les mines, continuant amb l'enriquiment de l'urani per poder ser combustible nuclear, passant pel transport d'aquest combustible fins les diferents centrals nuclears del món i el posterior tractament dels residus radioactius derivats del cicle nuclear durant molts i molts anys, fa que haguem de tindre en consideració la quantitat de gasos d'efecte hivernacle que s'ocasionen en el conjunt de tot el procés fins l'obtenció i disponibilitat de l'energia elèctrica a les centrals nuclears.

L'obtenció de l'urani, que després d'un procés d'enriquiment servirà per proveir les centrals nuclears, és força complicat. L'urani natural es troba mesclat en moltes roques de l'escorça terrestre i en l'aigua de mar. Tot aquest urani proporcionaria recursos suficients per a totes les centrals del món durant milers d'anys si s'utilitzés íntegrament, però l'urani combustible (U235) que és el necessari per al subministrament de les centrals nuclears és solament el 0,7% del urani mineral existent.

Amb les dos imatges, extretes del llibre del Carles Riba, podem veure la progressió de les reserves d'urani en els darrers anys i de com aquestes previsiblement poden evolucionar en el futur.

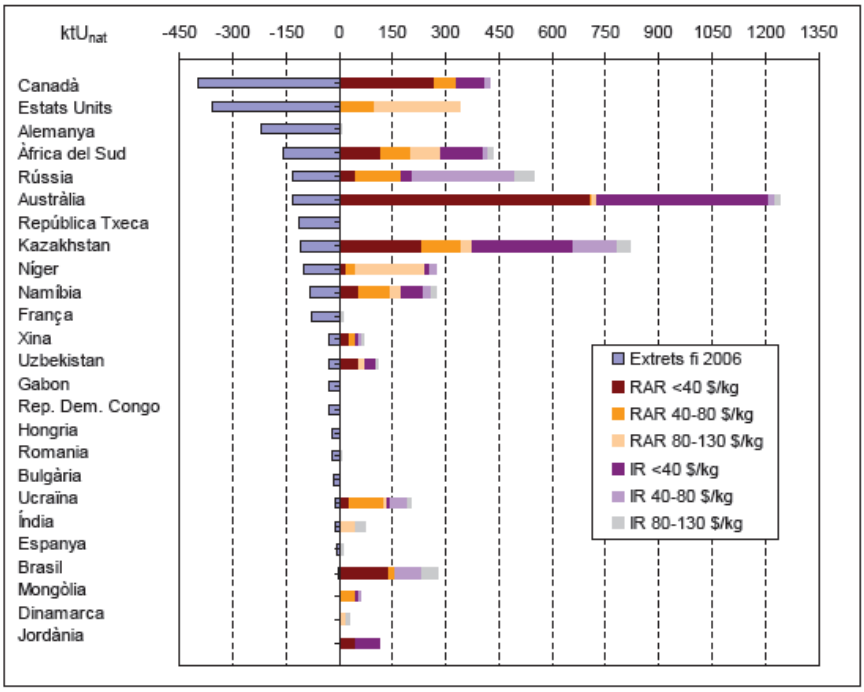


Figura 11. *Representació de la producció acumulada (recursos extrets) a la fi de 2006 (esquerra) i dels diferents recursos RAR[5] i IR[6] per als principals països productors d'urani (del passat, present i futur).* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

En aquesta primera imatge es pot observar com hi ha un conjunt de països que ja han exhaurit les reserves d'urani de que disposaven sense obtenir-ne

[5] El terme RAR fa referència als Recursos Raonablement Assegurats dintre dels Recursos Coneguts d'urani.
[6] D'altra banda, el terme IR fa referència als Recursos Inferits d'urani dintre d'aquests Recursos Coneguts.
Aquests dos termes els va establir l'IAEA-NEA per classificar els recursos d'urani del planeta terra.

de noves. Els països més rellevants que han sofert aquest fet són Alemanya, República Txeca, França, Gabon, República Democràtica del Congo, Hongria, Romania, Bulgària i Espanya. Als Estats Units, tot i disposar encara de reserves d'urani significatives, aquestes són de baixa qualitat i la seva producció està en depressió.
Les dades ens demostren que la producció actual d'urani es fonamenta en tres països que formen un primer nivell de producció. Aquests principals països són Kazakhstan, Canadà i Austràlia, amb una producció de 14.020 tU_{nat}/a, 10.173 tU_{nat}/a i 7.982 tU_{nat}/a respectivament cadascun d'ells.

Taula 9. *Reserves, producció, consum i producció acumulada d'urani natural (tU_{nat})*[1]

	Països	RAR+IR <130 $/kg, *Red B. 2009*	RAR+IR <130 $/kg, *Red B. 2007*	Producció *Red Book 2009*	Producció *Red Book 2007*	Demanda *Red Book 2007*	Producció acumulada fi de 2006
	Països ordenats per volum de reserves						
1	Austràlia	**1.673.000**	1.243.000	**7.982**	9.516	0	**130.414**
2	Kazakhstan	**651.000**	817.300	**14.020**	4.357	0	**108.045**
3	Canadà	**485.000**	423.200	**10.173**	11.628	1.900	**396.597**
4	Rússia	**373.300**	545.600	**3.564**	3.431	**4.100**	**129.729**
5	África del Sud	**295.000**	435.100	563	674	290	**154.461**
6	Namíbia	**284.000**	275.000	**4.626**	3.147	0	84.950
7	Brasil	**279.000**	278.400	345	110	450	1.899
8	Níger	**272.000**	274.000	**3.243**	3.093	0	**100.664**
9	Estats Units	**207.000**	339.000	1.453	1.039	**22.825**	**359.193**
10	Xina	**171.000**	67.900	750	750	1.500	29.189
11	Jordània	**112.000**	111.800	0	0	0	0
12	Uzbekistan	**111.000**	111.000	2.429	2.300	0	28.242
13	Ucraïna	**105.000**	199.500	840	800	2.480	11.500
14	Índia	80.000	72.900	290	230	445	8.370
15	Mongòlia	49.000	62.000	0	0	0	535
	Resta de països ordenats per volum de demanda						
1	França	s.d. [2]	11.700	8	7	**9.000**	75.977
2	Japó	s.d.	6.600	s.d.	0	**8.790**	84
3	Alemanya	s.d.	7.000	s.d.	94	**3.490**	**219.399**
4	Corea del Sud	s.d.	0	s.d.	0	**3.200**	0
5	Regne Unit	s.d.	0	s.d.	0	1.900	0
6	Suècia	s.d.	10.000	s.d.	0	1.600	200
7	Espanya	s.d.	11.300	s.d.	0	1.310	5.028
8	Bèlgica	s.d.	0	s.d.	0	1.065	686
9	Rep. Txeca	s.d.	700	s.d.	409	740	**109.433**
10	Bulgària	s.d.	s.d	s.d.	0	505	16.357
11	Hongria	s.d.	s.d	s.d.	3	380	21.048
12	Romania	s.d.	6.700	75	90	200	18.169
13	Gabon	s.d.	5.800	s.d.	0	0	25.403
14	Congo, R. D.	s.d.	2.700	s.d.	0	0	25.600
	Món	**5.404.000**	**5.468.900**	**50.772**	**41.719**	**69.110**	**2.193.512**
	Cobertura dels requeriments d'urani			73,5%	65%		

[1] tU_{nat} = tones d'urani natural (composició d'isòtops: 99,28% de U238; 0,71% de U235). [2] Sense dades

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

En un segon nivell es troben quatre països que són Namíbia, Rússia, Níger i Uzbekistan, amb una producció que va de 4.626 tU_{nat}/a el que més produeix (Namíbia) a 2.429 tU_{nat}/a el que menys (Uzbekistan).

Per a valorar i analitzar el zenit de l'urani, es convenient basar-nos en la estimació que presenta el Watch Energy Group (WEG) en quan a l'evolució futura de la producció d'urani natural.

La producció acumulada d'urani a la fi del any 2006 era de 2.193.512 tones d'urani natural, mentre que les reserves estimades existents, d'acord amb les dades d'aquest mateix any, eren de 5.404.000 tones d'urani natural.

Amb aquestes dades, l'agencia WEG determina que el zenit de producció de l'urani tindrà lloc, si es segueix amb el ritme actual de consum d'energia nuclear, entre els anys 2030 al 2035.

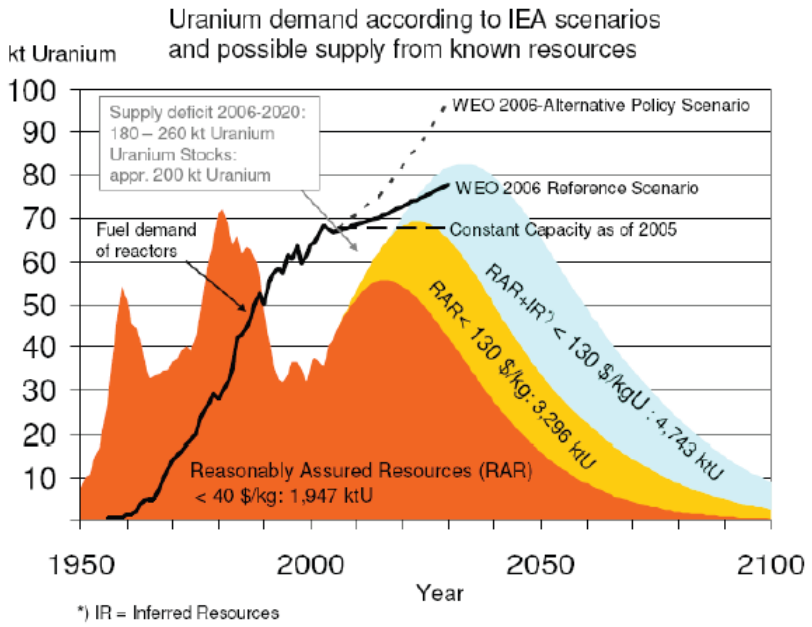


Figura 12. *Estimació del Watch Energy Group sobre l'evolució passada i futura de la producció mundial d'urani natural i el seu zenit, on es mostra la influència de considerar diversos tipus de reserves segons el cost. La unitat usada és el kt d'urani, o 1.000 tones d'urani natural.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

1.4.6. L'obtenció de combustibles fòssils per mètodes no estàndards

S'anomenen combustibles fòssils convencionals tots aquells que s'extrauen directament de la natura amb una certa facilitat, en indrets relativament accessibles i que requereixen processos que consumeixen poca energia en la seva adaptació per al consum.

A l'escorça terrestre es disposa d'una quantitat molt elevada de matèria orgànica, bàsicament originada a partir del conjunt de tots els cicles biològics de les plantes i dels animals, així com de l'enterrament de la matèria orgànica morta amb els sediments. Tota aquesta matèria orgànica, al llarg del pas de centenars de milions d'anys, es submergeix terra endins i es transforma en querogen poc concentrat o en matèria orgànica transformada però molt dispersa en roques o en situacions d'accés molt complicat que dificulta la seva explotació.

La existència de tal quantitat de matèria orgànica dispersada per l'escorça de la terra ens pot fer pensar que les reserves de combustibles fòssils poden arribar a ser il·limitades, però la veritat és que una ínfima part d'aquesta matèria orgànica existent s'acaba transformant en combustibles fòssils adequats per a les necessitats energètiques humanes.

Tota aquesta matèria orgànica, de difícil transformació en combustible fòssil, pot encara tenir un cert grau d'aprofitament amb l'aplicació de nous i innovadors desenvolupaments tecnològics, cosa que permetria la seva explotació i utilització com a combustibles fòssils, que en aquest cas anomenem com a no convencionals. Malauradament, la seva obtenció és força complicada per causa de la gran quantitat de processos que poden ser necessaris per a l'elaboració i transformació d'aquests combustibles.

Per tal d'endarrerir el declivi i el posterior exhauriment dels combustibles fòssils convencionals, els governs i les companyies petrolieres confien en la capacitat d'aquests combustibles fòssils no convencionals com a antídot per a poder allargar més temps la dependència que té la humanitat del petroli, el gas natural i el carbó.

La primera estratègia marcada per les petrolieres i els governs dels països més desenvolupats sembla ser l'explotació dels jaciments de petroli i de gas natural que hi ha en aigües profundes, és a dir, a profunditats majors de 500 metres, i en indrets diversos de molt difícil accés.

Fa un temps que ja es duu a terme aquesta pràctica. En els primers anys els pous es perforaven a la vora de la costa i en aigües de poca profunditat. A mesura que aquests jaciments es van anar exhaurint, les perforacions es van començar a fer a profunditats que arribaven fins als 3000 metres i fins i tot en llocs de difícil accés com és el cas del mar Àrtic.

La problemàtica d'aquesta pràctica recau en el risc elevat d'accidents en les feines de perforació del subsòl marí i la possibilitat de fuites dels combustibles fòssils que s'extrauen del fons del mar.

Una altra estratègia que s'està duent a terme en els darrers anys per pal·liar el problema del exhauriment dels combustibles fòssils convencionals és la extracció i posterior transformació de petrolis degradats i petrolis per formar, com són les sorres bituminoses del Canadà i els petrolis extrapesants en el primer cas, i el querogen de les pissarres bituminoses.

Els petrolis extrapesants i les sorres bituminoses són hidrocarburs modificats per bacteris i es diferencien en el grau de degradació que han experimentat respecte el petroli original. Pel que fa a les pissarres bituminoses, aquestes són roques sedimentàries que contenen una part elevada de matèria orgànica sòlida en forma de querogen de la qual es pot extraure un combustible líquid anomenat petroli sintètic.

Els costosos i complexos processos necessaris per obtenir i processar aquests combustibles no convencionals, el consum d'energia necessari i les emissions d'efecte hivernacle, fan que tot en conjunt acabi tenint uns costos de producció molt superiors als que s'ocasionen habitualment en l'aprofitament dels petrolis obtinguts pels mètodes convencionals.

Un altra tècnica que s'ha desenvolupat darrerament és l'obtenció de diversos tipus de gas natural no convencional d'accessibilitat dificultosa. Són els casos de l'explotació del gas compacte, el gas de carbó i el gas de pissarra.

El gas natural es genera en totes aquelles roques que contenen matèria orgànica i que participen en els cicles de formació del petroli i del carbó. Quan en aquestes roques, on es troba el gas natural, són de baixa permeabilitat, el gas no flueix en facilitat i es complicat extreure'l. El gas que es troba en roques que contenen petroli escampat rep el nom de gas compacte, mentre que el gas que es troba en pissarres bituminoses que contenen querogen rep el nom de gas de pissarra.

Com en els casos dels jaciments de petroli, els de carbó també contenen gasos rics en metà. En els jaciments de carbó que es troben en profunditats més elevades o que són de qualitat menor, el gas resta atrapat en roques poc permeables, i rep el nom de gas de carbó.

Les tècniques d'obtenció de tots aquests gasos no convencionals són la fracturació hidràulica i els pous horitzontals. Aquests mètodes consumeixen una gran quantitat d'aigua i utilitzen substancies potencialment tòxiques per tal de aconseguir el gas. Això ocasiona un gran impacte territorial i la possibilitat de contaminar els aqüífers existents a la vora dels jaciments que s'exploten.

Una altra opció que s'està considerant darrerament és l'aprofitament energètic dels hidrats de metà que es troben en els talussos continentals.

Els hidrats de metà són compostos on una fina estructura d'aigua gelada envolta una molècula de gas. Aquestes estructures necessiten baixa temperatura i pressió elevada, i aquestes particularitats es troben als marges continentals dels oceans a profunditats superiors a 300 metres sota l'aigua i en el si de sediments inferiors a 800 metres.

En condicions atmosfèriques, aquest compost es desfà i alliberà metà que pot ser utilitzat per ser cremat. Però a causa dels canvis en el nivell del mar o l'augment de la temperatura del aigua de mar, els hidrats de metà poden perdre la seva estabilitat i disgregar-se alliberant el gas del compost al sediment. Un alliberament de grans quantitats faria que el clima canvies sobtadament degut al potent efecte hivernacle que té el metà. Per tant, tot i ser una opció més que valida, s'ha de tenir molta cura ja que pot causar efectes greus en el medi.

La darrera estratègia que s'han marcat els governs i les grans empreses petrolieres consisteix en convertir el gas natural, el carbó i també la biomassa en combustibles líquids aptes per al transport.

La transformació de carbó a líquid rep el nom de *coal-to-liquid*, CTL, i la del gas natural s'anomena *gas-to-liquid*, GTL. Aquesta mutació d'aquests dos combustibles fòssils es veu com una forma de garantir en el futur el subministrament de combustibles líquids per al transport en els països on tenen grans reserves d'aquests hidrocarburs però tenen escassetat de petroli.

Els principals inconvenients de dur a terme aquestes transformacions dels combustibles fòssils a combustibles líquids són els baixos rendiments energètics que es deriven d'aquestes transformacions, els elevats costos d'inversió en infraestructures per que aquests mètodes estiguin en funcionament i també les grans emissions de gasos d'efecte hivernacle que s'ocasionen en la producció, el transport i el posterior ús d'aquests nous combustibles líquids.

Com a resum, es pot afirmar que totes aquestes noves estratègies implementades per substituir el gran ús que se'n fa dels combustibles fòssils convencionals comparteixen un seguit de característiques:

1. La primera d'elles és que la taxa de retorn energètic és molt baixa. Això vol dir que l'obtenció d'aquests nous combustibles requereix gairebé la mateixa energia que la que proporcionen posteriorment.

2. La segona característica comuna és que el temps i els costos energètics i econòmics de les inversions que es deriven de la producció d'aquests nous combustibles seran cada cop més elevats i, per tant, menys rendibles.

3. La darrera particularitat que comparteixen és que per a un mateix rendiment energètic, l'ús de combustibles obtinguts de forma no convencional ocasiona més impactes ambientals i més emissions de gasos de efecte hivernacle que en el cas que s'utilitzés combustibles generats convencionalment.

1.4.7. Visió a partir de les reserves originàries de combustibles fòssils i urani

Sempre que es parla de reserves de qualsevol recurs, es fa referència a la quantitat d'aquest que encara es pot aconseguir. Una forma de veure en quin punt ens trobem en l'extracció de les reserves de combustibles fòssils és comptabilitzar les reserves existents del recurs i les ja extretes per poder examinar les possibilitats d'ús futures del recursos que disposem.

En la taula següent, elaborada per Carles Riba, podem veure la producció acumulada, les reserves futures i les reserves originàries de carbó, petroli, gas natural, urani i energies no renovables.

Taula 10. *Producció acumulada, reserves futures i reserves originàries (TW_ta)*

Regions	Petroli [1]			Gas natural [1]			Carbó [1]		
	Prod acu ant. 2007	Resv fut post. 2007	Resv orig ant. 1750	Prod acu ant. 2007	Resv fut post. 2007	Resv orig ant. 1750	Prod acu ant. 2007	Resv fut post. 2007	Resv orig ant. 1750
Amèrica del N.	52,1	41,4	93,5	40,3	9,7	50,1	62,5	186,0	248,5
Amèrica del S.	18,7	20,9	39,6	2,9	9,1	12,0	1,6	10,3	11,9
Europa	12,1	3,0	15,1	10,0	6,0	16,0	68,2	16,1	84,3
Euràsia	31,1	19,5	50,5	25,1	68,4	93,5	24,6	152,5	177,1
Orient Mitjà	56,7	145,3	202,0	5,3	90,2	95,4	0,0	1,2	1,2
Àfrica	18,9	22,0	40,9	3,0	17,4	20,4	6,9	25,1	32,0
Àsia Oceania	16,6	6,5	23,1	7,0	14,7	21,7	57,8	185,9	243,7
Món	**206,1**	**258,6**	**464,7**	**93,7**	**215,4**	**309,1**	**221,6**	**577,1**	**798,7**
	44,4%	55,6%	100,0%	30,3%	69,7%	100,0%	27,75%	72,25%	100,00%

Regions	Urani [1]			Energies no renovables [1]					
	Prod acu ant. 2007	Resv fut post. 2007	Resv orig ant. 1750	Prod acu ant. 2007	Resv fut post. 2007	Resv orig ant. 1750	Resv orig %	Exhaur. %	Població Mhab
Amèrica del N.	10,7	10,5	21,2	164,4	247,7	412,1	24,6	40,1	443,1
Amèrica del S.	0,1	4,1	4,1	23,1	44,4	67,5	4,0	34,4	462,3
Europa	6,5	1,6	8,1	95,2	26,6	121,8	7,3	78,4	595,5
Euràsia	5,8	23,0	28,8	86,3	263,3	349,6	20,8	24,7	284,1
Orient Mitjà	0,0	1,6	1,6	62,0	238,2	300,1	17,9	20,7	194,9
Àfrica	5,6	14,4	19,9	33,6	78,9	112,5	6,7	30,4	945,9
Àsia Oceania	2,6	20,1	22,7	76,7	227,2	303,9	18,5	27,0	3.688,3
Món	**31,3**	**75,2**	**106,5**	**541,3**	**1.126,2**	**1.667,5**	100,0	32,9	**6.614,1**
	29,4%	70,6%	100,0%	32,5%	67,5%	100,0%			

[1] En cada un dels recursos, hi ha tres columnes: *producció acumulada* anterior a 2007; *reserves futures* posteriors a 2007; *reserves originàries* abans del consum massiu (simbòlicament, abans de 1750).

Font: *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

També s'adjunten les imatges de la representació, per regions, de les reserves originàries de cada recurs per separat.

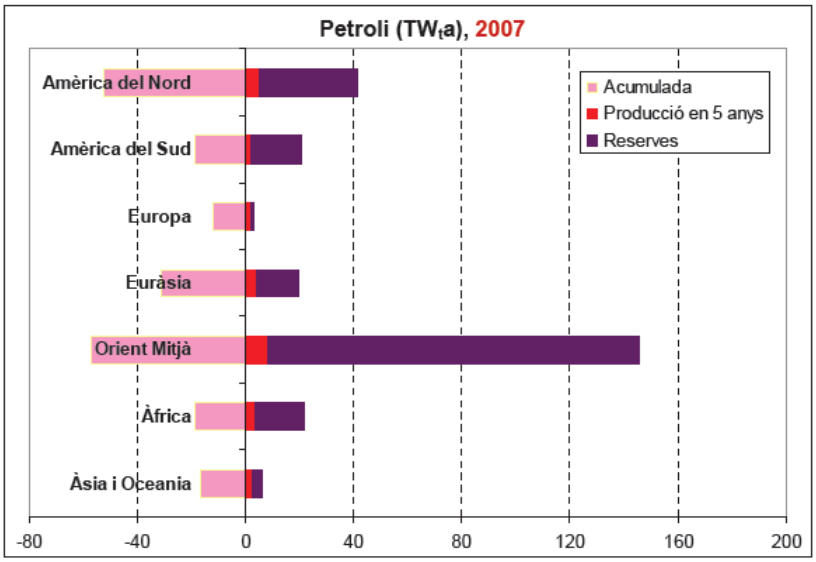


Figura 13. *Petroli: producció acumulada; producció dels propers 5 anys; reserves futures, per regions.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

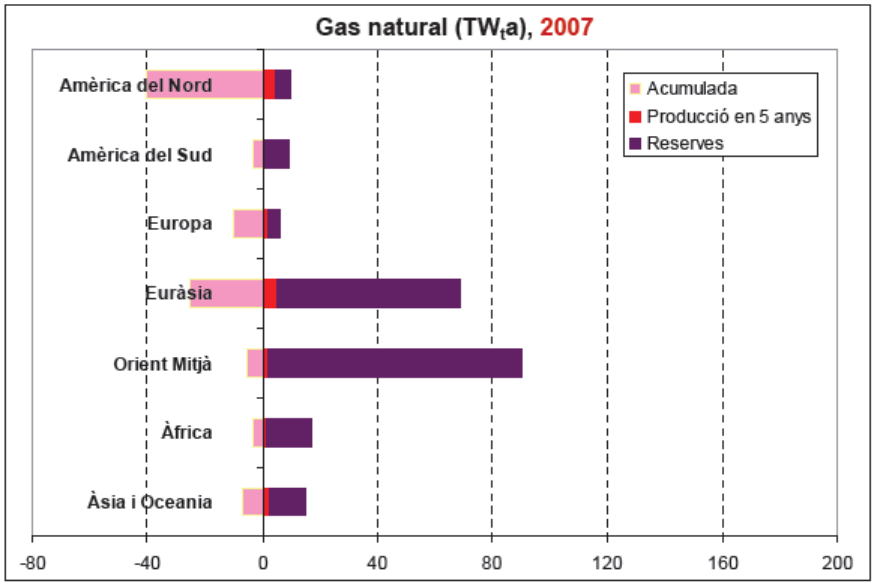


Figura 14. *Gas natural: producció acumulada; producció dels propers 5 anys; reserves futures, per regions.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

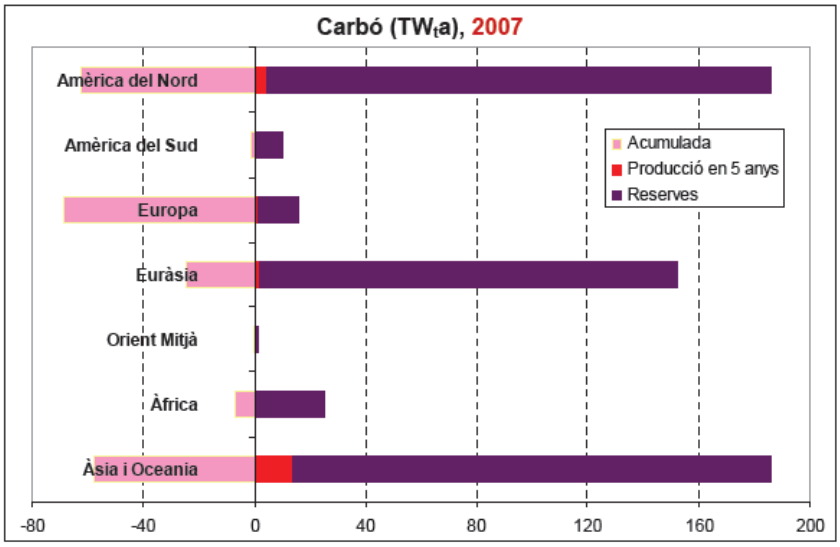


Figura 15. *Carbó: producció acumulada; producció dels propers 5 anys; reserves futures, per regions.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

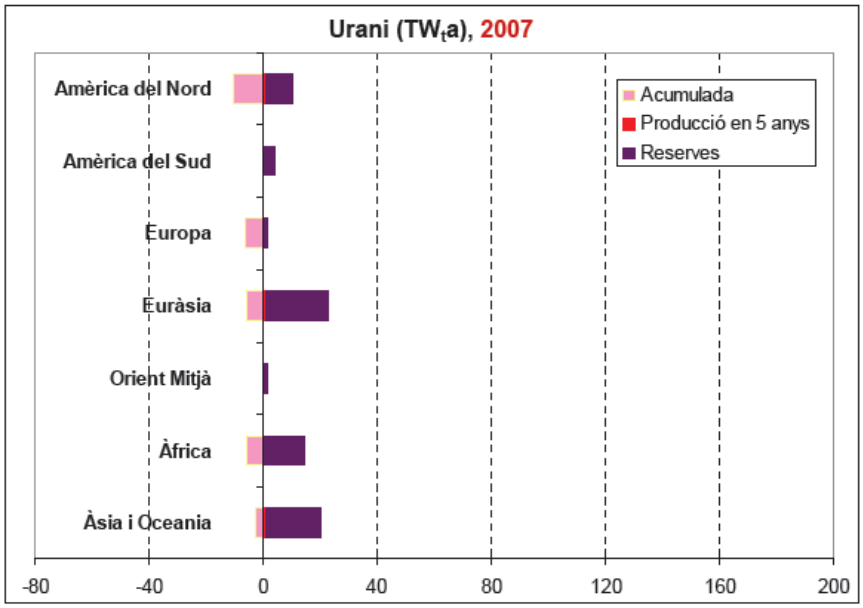


Figura 16. *Urani: producció acumulada; producció dels propers 5 anys; reserves futures, per regions.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

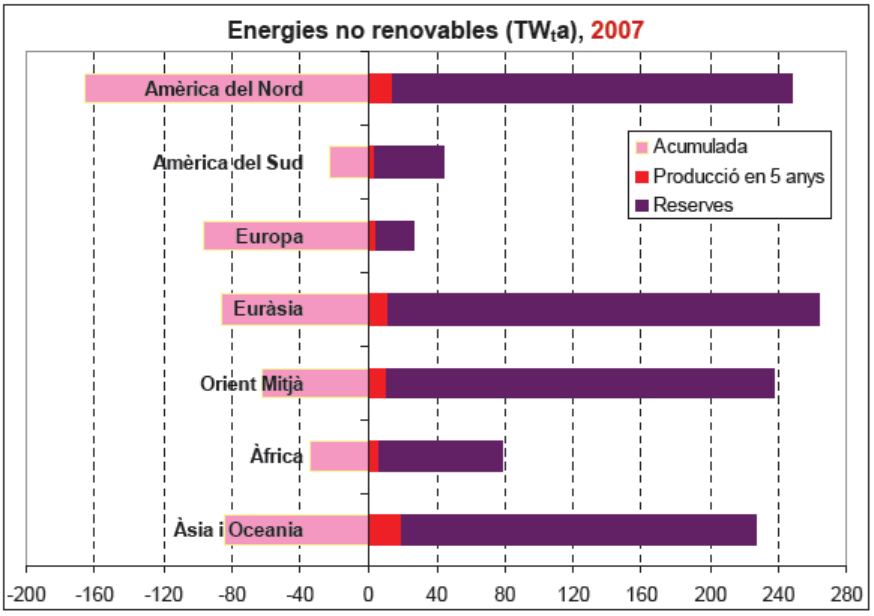


Figura 17. *Energies no renovables: producció acumulada; producció dels propers 5 anys; reserves futures, per regions.* ***Font:*** *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles, CARLES RIBA I ROMEVA.*

A partir de la taula i de les diverses imatges es pot dir que la producció acumulada de petroli és la més important en termes relatius, amb un percentatge de 44,4% de reserves ja consumides, i aquest valor encara seria força més elevat si no fos per causa de les reserves polítiques i les sorres bituminoses del Canadà.

En el cas del carbó hem exhaurit ja el 27,75% de les reserves originaries, en el gas natural el percentatge és del 30,3% i en l'urani aquest valor es troba en un 29,4% de les reserves originaries.

Pel que fa a regions, Europa és l'indret on més s'han exhaurit les reserves originaries. Disposaven del 7,3% del total de les reserves del món i en arribar al any 2007 ja han estat consumides el 78,4% d'aquestes disponibilitats.

Amèrica del Nord és la regió que més reserves disposava en un primer moment, amb un 24,6% del total, d'aquest percentatge ja s'ha consumit el 40,1%.

Amèrica del Sud i Àfrica eren les regions que originàriament disposaven de menys reserves tot i la seva major població en comparació amb altres indrets, amb un 4,0% i un 6,7% respectivament. L'exhauriment d'aquestes reserves de combustibles fòssils, urani i energies no renovables arriba actualment al 30,4% a Àfrica i en el 34,4% en Amèrica del Sud.

Euràsia, sembla ser un dels llocs del món on les reserves són més quantioses, ja que del 20,8 % de les reserves mundials de que disposava inicialment, tant sols n'ha consumit el 24,7% de les mateixes.

Orient Mitjà és la regió que menys població té i és una de les que més reserves disposava en un primer moment, amb el 17,9% del total. L'exhauriment de les seves reserves es situa en el 20,7%.

Finalment, Àsia i Oceania que són les regions del món que engloben més població mundial amb més de 3.500 milions d'habitants, tenien unes reserves originaries que tan sols representaven el 18,5% del còmput global, i actualment el seu nivell d'exhauriment ja es troba en el 27,0%.

1.5. Distribució geogràfica dels recursos fòssils

Com s'ha vist en apartats anteriors, la distribució dels recursos energètics existents a la terra no està repartida uniformement. El nostre planeta és capritxós i no ha repartit les seves riqueses, procedents de la natura, de forma uniforme al voltant de la seva superfície. Per tant, hi ha països on els jaciments i les reserves de combustibles fòssils són molt elevades i la seva principal font d'ingressos és la comercialització d'aquestes, mentre que hi ha uns altres països (la gran majoria) on els jaciments existents dels diversos combustibles fòssils és nul o bé ja s'han exhaurit degut a la explotació d'aquests recursos al llarg dels anys.

Per poder veure de forma més clara quins països són els majors productors de combustibles fòssils i d'urani, quins són els que consumeixen més energia arran d'aquests recursos, quins països són els exportadors i quins són els importadors, adjunto diverses imatges extretes del Banc Mundial de Dades[7] que comprenen el període 2010-2014.

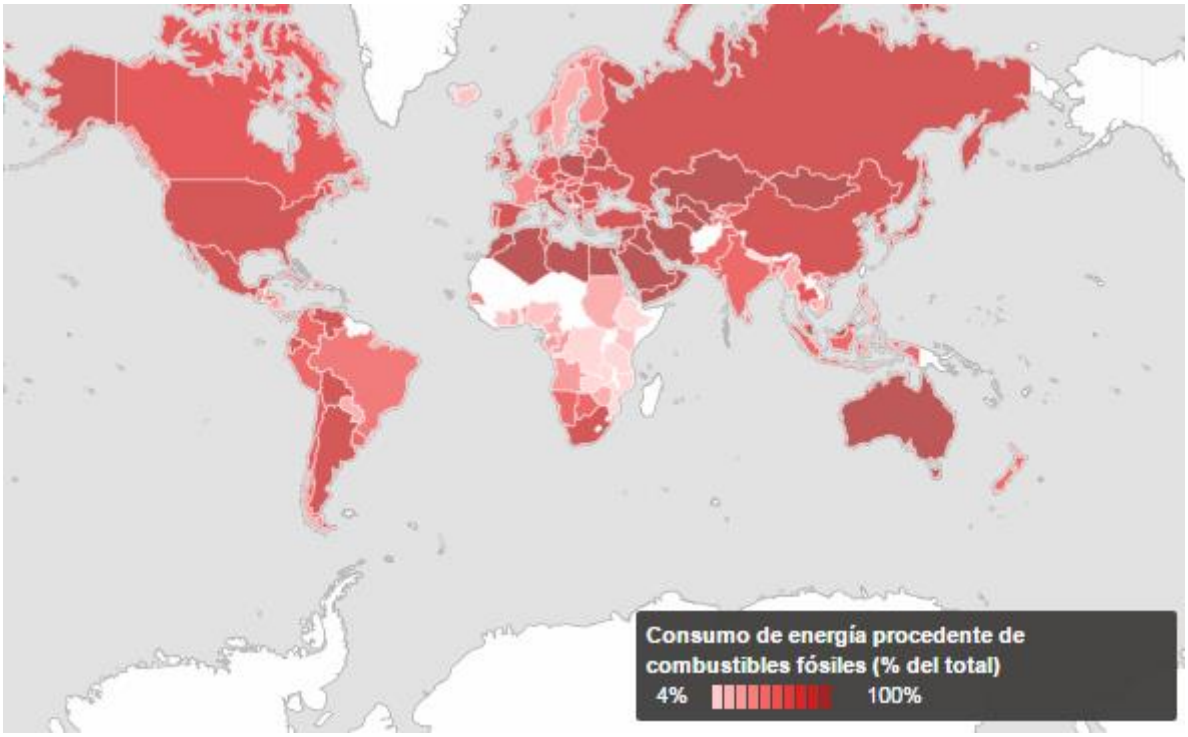


***Figura 18**. Consum d'energia procedent de combustibles fòssils per al període 2010-2014 (% del total). **Font:** Banc Mundial de Dades.*

[7] Els mapes mostrats en aquest apartat 1.5 del treball s'han extret de la web del Banc Mundial de Dades: http://datos.bancomundial.org/indicador

Aquesta primera imatge ens mostra el consum energètic procedent de combustibles fòssils. Com més forta és la tonalitat de roig més consum de combustibles fòssils té el país. Es pot observar com en els països de l'Orient Mitjà, del Nord d'Àfrica, els Estats Units i Austràlia el consum d'aquests recursos és molt elevat, a més a més d'algun país aïllat d'Europa Central i del continent Sud-Americà. En la resta de països el consum d'aquests recursos és elevat, llevat de molts països de l'Àfrica Subsahariana on l'ús d'aquestes fonts és gairebé inexistent.

Dos imatges que valen la pena veure són, la primera, la que ens mostra el consum d'energies renovables i residus, i la segona, la que ensenya quin percentatge del total és aquest consum d'energia renovable i residus. Totes dues referides al mateix període esmentat anteriorment.

En la primera imatge es pot observar com la Xina és el país on el consum de les energies renovables està més arrelat, seguit dels Estats Units, Brasil i Índia. En la resta de països el consum d'aquestes fonts energètiques és força reduït. A Espanya, tot i que en els darrers anys s'han posat en funcionament força centrals que generen energia a partir de fonts renovables, l'energia procedent d'aquestes instal·lacions és molt petita comparant-la amb l'energia generada des d'altres fonts energètiques com poden ser els combustibles fòssils i l'urani.

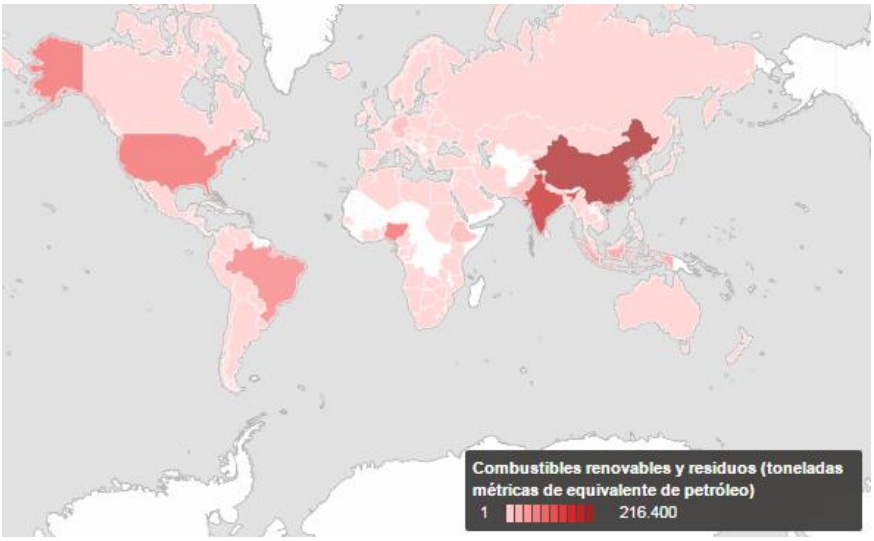


Figura 19. *Consum d'energia procedent de combustibles renovables i residus per al període 2010-2014 (tones mètriques d'equivalent de petroli)* ***Font:*** *Banc Mundial de Dades.*

El que es pot observar en la imatge següent és que tot i el gran consum d'energies renovables i residus que tenen els quatre països mencionats anteriorment, el percentatge d'aquestes respecte del consum total d'energia del país acaba sent molt poc significatiu. S'observa com molts països de l'Àfrica Negra, on en el total del consum d'energies renovables i residus no destacaven, en el percentatge d'aquestes fonts sobre el total de producció energètica fa que aquests recursos siguin força rellevants. Aquest fet està en relació amb la consideració d'energies renovables i residus que es dona a la crema de llenya en tots aquests països del tercer món, qüestió força discutible pel fet de donar un valor energètic a la precarietat social i econòmica dels països de l'Àfrica Subsahariana.

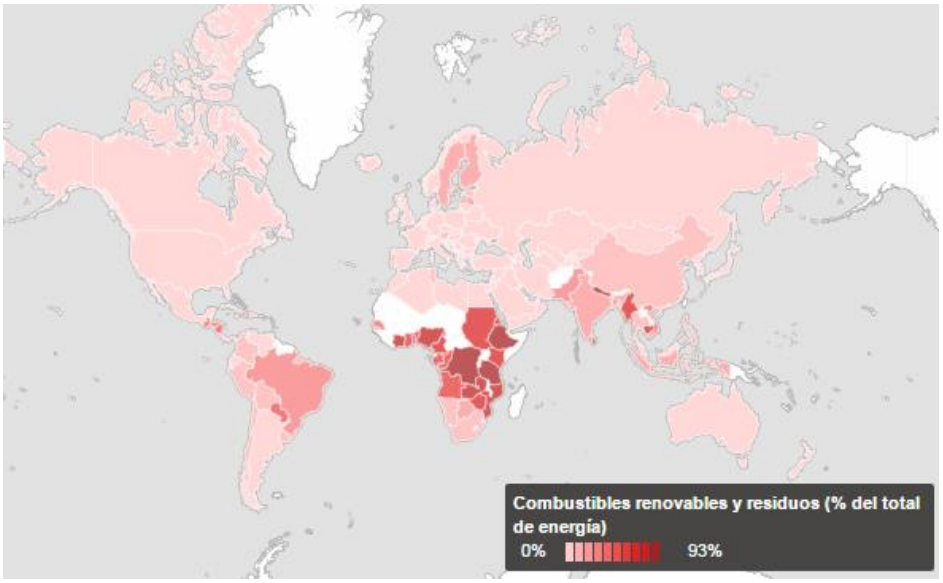


***Figura 20**. Consum d'energia procedent de combustibles renovables i residus per al període 2010-2014 (% del total). **Font:** Banc Mundial de Dades.*

La següent imatge a tractar és l'ús de l'energia nuclear i alternativa durant els anys 2010-1014. L'energia alternativa fa referència a l'energia procedent de les centrals hidroelèctriques, les solars i geotèrmiques. En la imatge s'observa, per la tonalitat de vermell, com els països capdavanters en el consum d'energia provinent de l'urani i de les centrals anteriorment mencionades són França, Suècia, Islàndia, Nova Zelanda i Paraguai. El consum d'energia provinent de l'urani a Espanya es situa al voltant del 19% del total d'ús d'energia nacional, una xifra gens menyspreable.

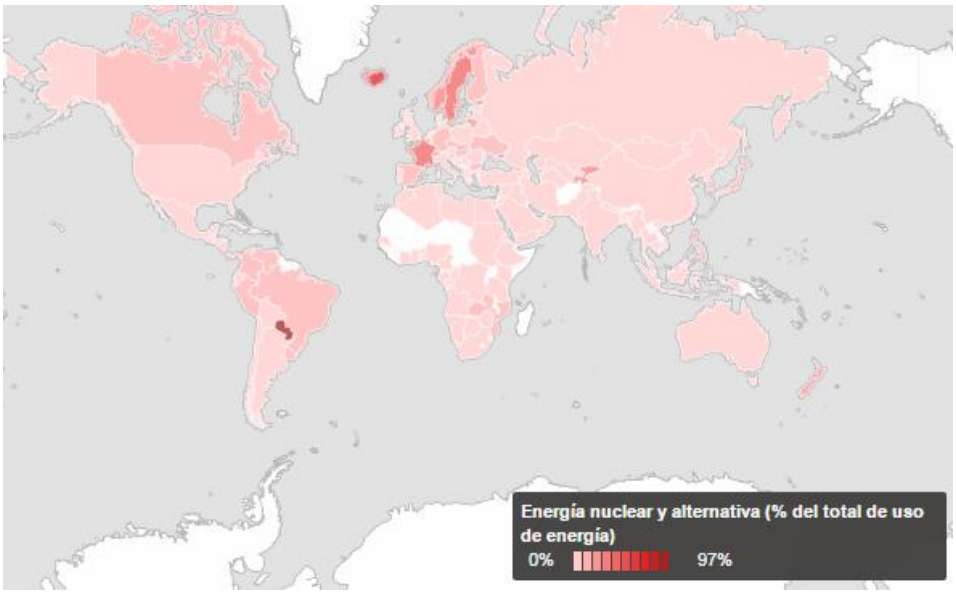


Figura 21. *Consum d'energia nuclear i alternativa per al període 2010-2014 (% del total).* ***Font:*** *Banc Mundial de Dades.*

Les dos darreres imatges pel que fa a consums són les que engloben tots ells, és a dir, el consum d'energia total sigui quin sigui el seu origen. La primera instantània mostra l'ús d'energia total i la segona il·lustra aquesta utilització energètica per càpita.

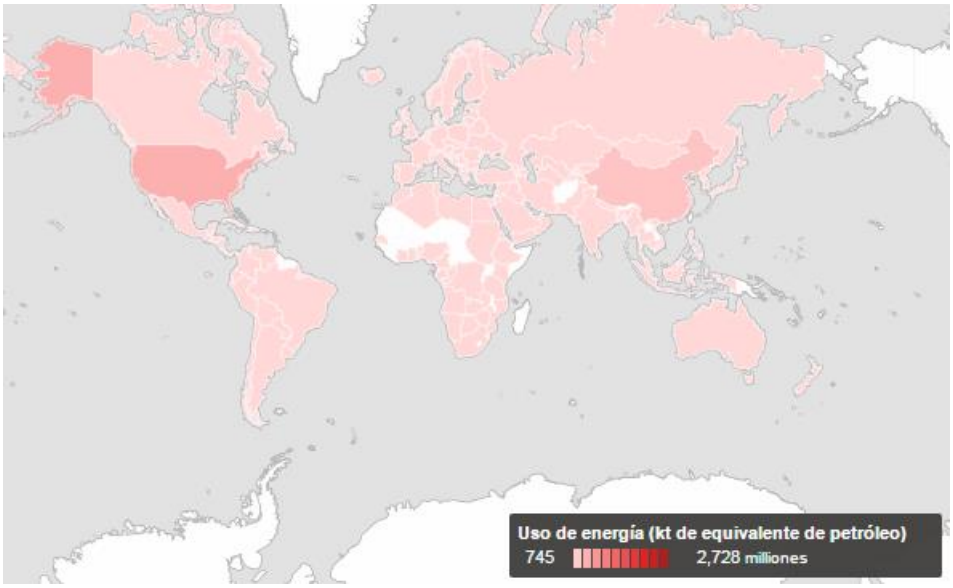


Figura 22. *Ús d'energia total per al període 2010-2014 (kt d'equivalent de petroli).* ***Font:*** *Banc Mundial de Dades.*

En la primera imatge es pot veure com la Xina i els Estats Units són els dos principals països consumidors d'energia arreu de tot el món en força diferència amb la resta de nacions.

En la segona imatge podem veure com són els Estats Units i el Canadà els principals consumidors en la distribució d'energia per càpita. Més enllà d'aquesta primera valoració, podem veure que els països que més destaquen pel que fa a consum per càpita són l'Aràbia Saudita, Austràlia, Rússia, Islàndia i alguns dels països de la Unió Europea dels 28.

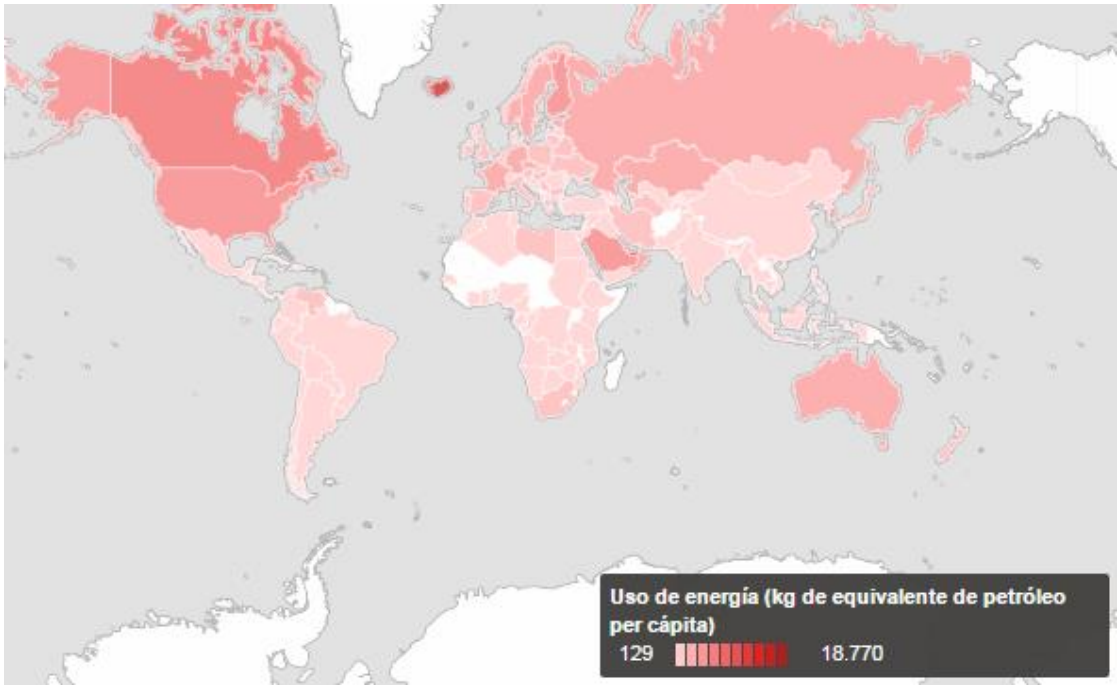


***Figura 23**. Ús d'energia total per al període 2010-2014 (kg d'equivalent de petroli per càpita). **Font:** Banc Mundial de Dades.*

Un altre punt de vista per valorar la situació actual és la observació de les importacions i de les exportacions dels combustibles i de l'energia.

La primera imatge que analitzem és la que ens mostra les exportacions de combustibles dels diferents països durant els anys 2010-2014. En ella s'observa com la majoria de països del Orient Mitjà tenen un gran volum d'exportació degut als grans jaciments de petroli i gas natural de que disposen. També s'observa com Rússia i Algèria, dos països amb grans reserves de gas natural, destaquen força en la imatge. Austràlia també és un dels països amb més exportació de combustibles del món degut a la seva riquesa amb urani. Pel que fa al continent africà, Nigèria (país amb grans reserves de petroli i gas natural) i Sudan són els principals exportadors, a part de la ja mencionada Algèria.

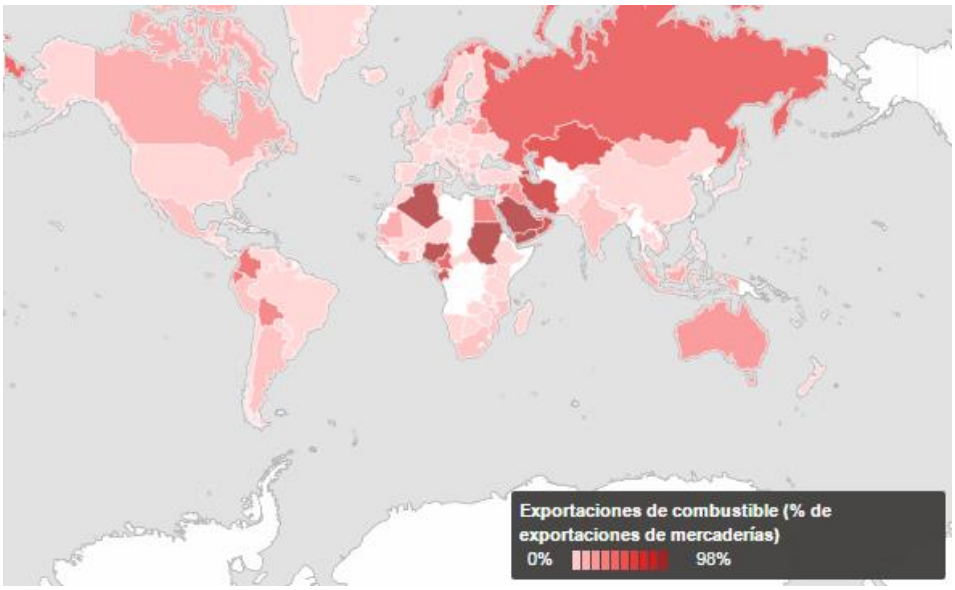


Figura 24. *Exportacions de combustible per al període 2010-2014 (% d'exportacions de mercaderies).* ***Font:*** *Banc Mundial de Dades.*

La següent imatge a tractar és la que ens mostra les importacions de combustibles dels països. En ella s'observa com els països que més exporten gairebé no tenen importació de combustibles. La Índia és un dels països que més destaca en el mapa, el seu gran nombre d'importacions ve ocasionat pel seu desenvolupament tecnològic i el creixement econòmic meteòric que està tenint en els darrers anys. Els Estats Units també s'observa que és un dels països on la importació és més elevada.

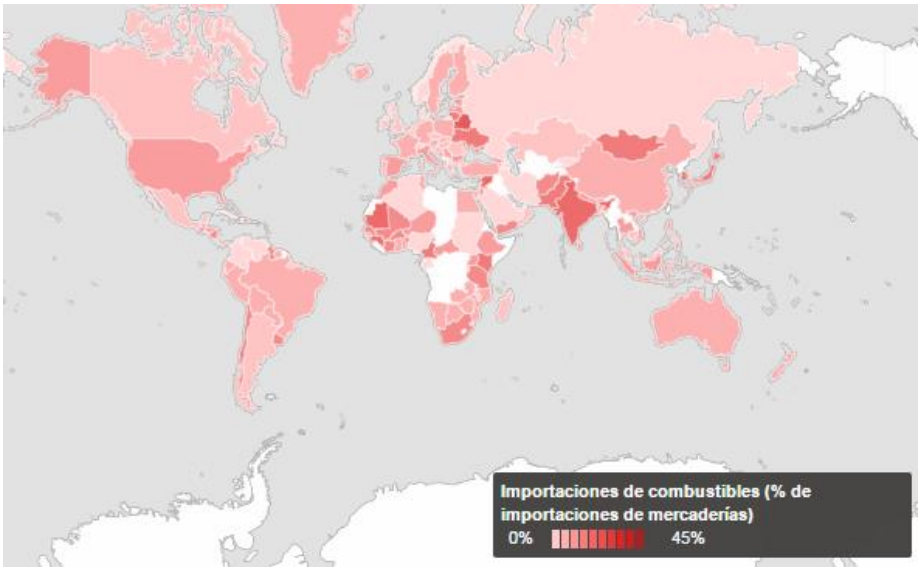


Figura 25. *Importacions de combustible per al període 2010-2014 (% d'exportacions de mercaderies).* ***Font:*** *Banc Mundial de Dades.*

Analitzant la balança comercial de combustibles a l'estat espanyol, diferència entre exportacions i importacions, podem dir que està força desequilibrada. Solament el 7% del total de les mercaderies exportades pel nostre país l'any 2013 eren combustibles mentre que les importacions de combustibles d'aquest mateix any van arribar a ser del 23%, és a dir, gairebé una quarta part de les mercaderies que entren dins de les fronteres del estat espanyol són combustibles.

Per acabar, la última imatge aportada és la que dóna compte de les importacions netes d'energia realitzades durant el període de quatre anys comprés entre 2010 i 2014.

La importació neta d'energia és un càlcul obtingut aplicant la diferència entre l'ús i la producció d'energia a cada país, totes dues variables són mesurades en equivalents de petroli. Un valor negatiu indica que el país és exportador net, mentre que un valor positiu significa que el país és importador.

Centrant-nos en la imatge s'observa com a tot el món, exceptuant l'Àfrica profunda, el nivell d'importació neta d'energia és molt elevat. En els països més desenvolupats i en vies de desenvolupament la tonalitat de vermell que s'observa és força forta, mentre que en la resta de països és un to més suau tot i que també el volum d'importació neta d'energia és molt gran. L'únic país del primer món on el nivell d'importació neta d'energia és reduït és Noruega, fet molt sorprenent i que ve ocasionat pel seu gran volum de producció d'energia i la seva posterior comercialització exterior dels excedents energètics donats.

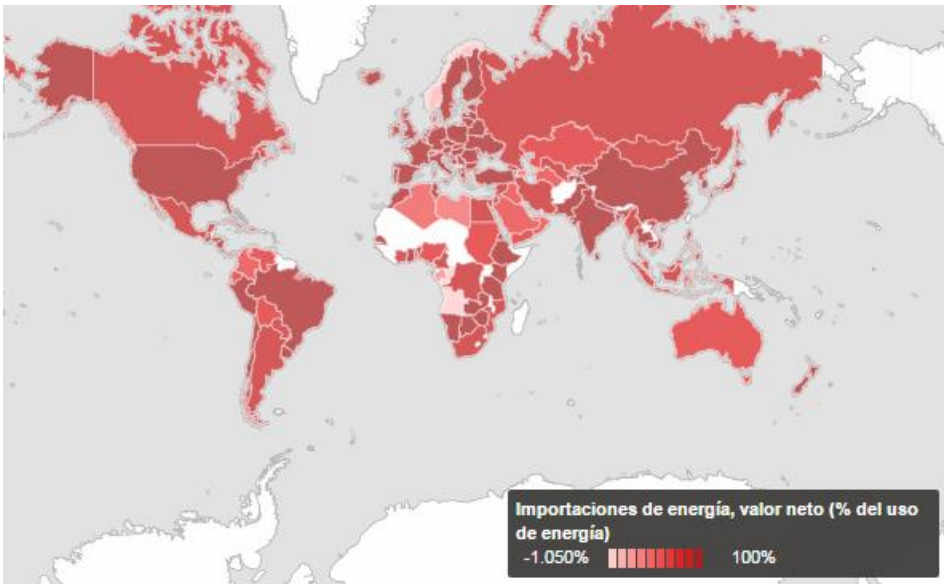


Figura 26. Importacions d'energia, en valor net, per al període 2010-2014 (% del ús d'energia). Font: Banc Mundial de Dades.

1.5.1. Anàlisi geopolítica

És un fet molt curiós i destacable en molts dels països la relació donada entre la producció i exportació de combustibles fòssils i el sistema polític emprat en el país.

És troben casos molt significatius a la gran majoria de països de l'Orient Mitjà, on famílies i elits socials consolidades per la tradició, el poder econòmic o religiós s'han establert com a gestores i dirigents privilegiades de la societat, dels recursos de la nació, de les zones d'influència en les que es mouen i dels grans mercats mundials de la producció i exportació energètica.

Altres situacions rellevants són alguns països musulmans dirigits per ètnies socials o religioses, molt inestables en la direcció política del país, sempre sotmeses a grups culturals, militars, religiosos o revolucionaris i que amb les seves pròpies crisis poden acabar influint de manera sempre negativa en la gestió mundial dels recursos energètics.

Malauradament, la associació entre poder oligàrquic, absència de democràcia, concentració de poder, i manca de transparència política es dóna amb massa freqüència en una part important dels països productors dels recursos energètics, especialment en quan als combustibles fòssils.

Curiosament, i des d'un extrem oposat al anterior també podríem aportar una visió negativa de les coses. Es destacable el cas dels EE.UU. que sempre s'ha significat pel seu intent de control sobre els països que disposen de major quantitat de fonts energètiques i sobre la producció d'aquests recursos, mentre que per altra banda ells mateixos representen una de les principals reserves energètiques mundials.

En els darrers temps, inestabilitat política i crisi energètica s'han trobat i donat la mà en múltiples exemples, entre els quals destaquen la crisi del Canal de Suez (1956), la creació de la OPEP (1960), la primera i la segona crisi del petroli (1973 i 1978), els processos de nacionalització de les petroleres al Orient Mitjà (1970-1975), la revolució iraniana (1979), la invasió d'Iraq a Kuwait (1990), la guerra del golf (1991), la crisi financera asiàtica (1997), els atemptats del 11 de setembre (2001), la guerra d'Iraq (2003), la crisi econòmica del 2008, la inestabilitat dels preus dels aliments bàsics en els mercats internacionals,... alguns dels quals desenvoluparé breument més endavant en altres capítols d'aquest mateix treball.

2.- CAPÍTOL 2: ANÀLISI DELS TOP-15.

2.1. Introducció als TOP-15

El primer pas és explicar que són els TOP-15 i el per què de la seva elecció.

Aquest grup de països són els que l'any 2010 generaven més emissions d'efecte hivernacle al nostre planeta. S'ha elegit aquest criteri de TOP-15, atenent el consell de la meva tutora Olga Alcaraz, per poder complementar amb aquest treball estudis ja fets en els darrers anys sobre els quinze països que el 2010 emetien més gasos d'efecte hivernacle a la terra.

Aquest conjunt de països són els següents:

TOP-15
Xina
Estats Units
Unió Europea dels 28
Índia
Rússia
Japó
Iran
Corea del Sud
Canadà
Aràbia Saudita
Àfrica del Sud
Mèxic
Indonèsia
Brasil
Austràlia

L'any 2010 es van emetre al nostre planeta 33615,39 $MtCO_2$ de gasos d'efecte hivernacle. D'aquest volum de emissions, els països que formen part del nostre TOP-15 generaven unes 26583,45 $MtCO_2$, que significa amb percentatge gairebé el 80% del total.

A continuació es mostra una taula amb les emissions de cada un del països del TOP-15 durant l'any 2010, cosa que permetrà observar la quantitat d'emissions corresponents a cada país que conforma aquest grup. La ordenació donada es presenta de major emissor a menor.

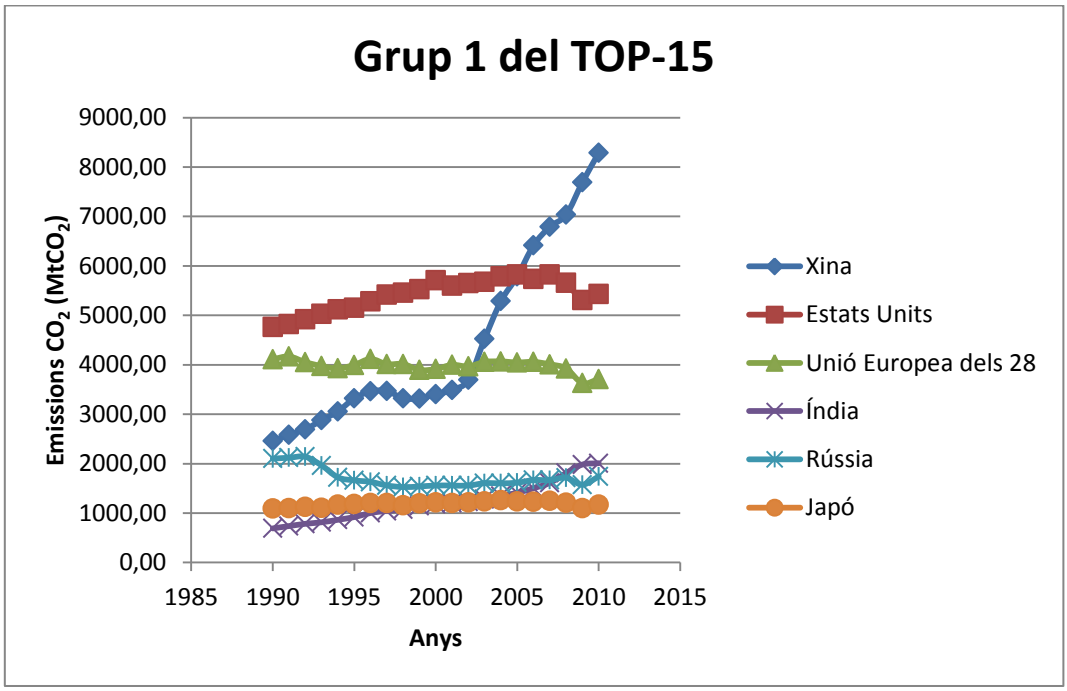
Es pot veure com la Xina és el país capdavanter i amb bastant diferència amb la resta de països pel que fa a emissions de CO_2. També es pot observar com dintre d'aquest TOP-15 es poden classificar les nacions en dos grups, el primer clarament conformat pels països amb més de 1000 $MtCO_2$ l'any 2010 i el segon grup amb el conjunt de països amb menys d'aquestes 1000 $MtCO_2$ d'emissions.

País	Emissions CO_2 2010 ($MtCO_2$)
Xina	8286
Estats Units	5433
Unió Europea dels 28	3709
Índia	2008
Rússia	1740
Japó	1170
Iran	571
Corea del Sud	567
Canadà	499
Aràbia Saudita	464
Àfrica del Sud	460
Mèxic	443
Indonèsia	433
Brasil	419
Austràlia	373

Els països que formen part del primer grup són els següents:

Països grup 1 del TOP-15
Xina
Estats Units
Unió Europea dels 28
Índia
Rússia
Japó

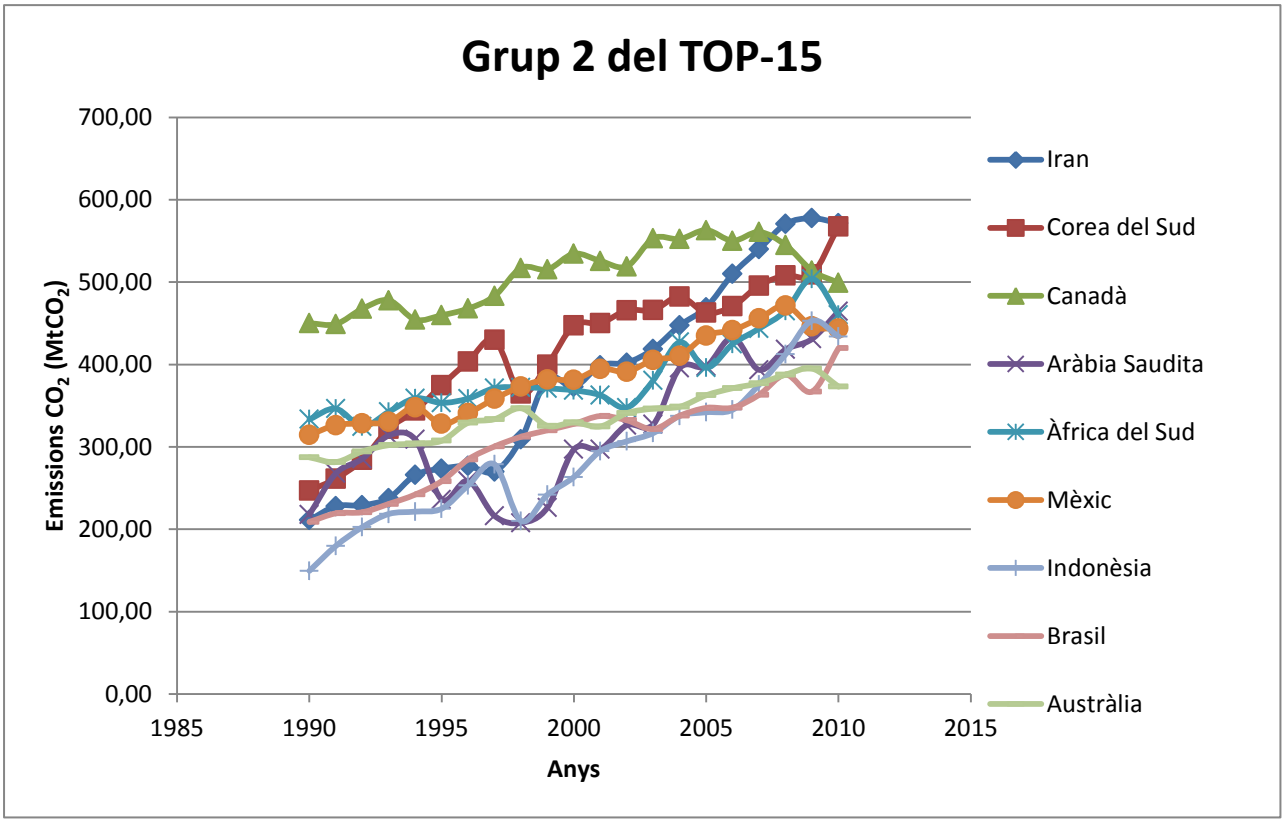
Per poder veure quina trajectòria han dut aquests països en els darrers anys respecte a les emissions de gasos d'efecte hivernacle es representarà una gràfica dels darrers 20 anys.



El segon grup el formen la resta de països:

Països grup 2 del TOP-15
Iran
Corea del Sud
Canadà
Aràbia Saudita
Àfrica del Sud
Mèxic
Indonèsia
Brasil
Austràlia

Com en el cas anterior, es mostra una gràfica amb la tendència dels darrers 20 anys de cada país d'aquest segon grup.



Per estudiar una mica més aquests països que formen el nostre TOP-15 analitzaré determinades variables significatives que a continuació detallo i compararé si en respecte a aquestes els països tractats també formen part dels grup dels 15. Les variables a analitzar seran el GDP, el consum energètic i la població, totes tres per a l'any 2010.

Pel que fa a la primera variable, el GDP, a continuació s'il·lustra una taula amb el seu valor l'any 2010. Està ordenat de major GDP a menys.

S'observa com en aquest cas els dos primers països de la classificació són la Unió Europea dels 28 i els Estats Units amb molta diferència respecte la resta de països del TOP-15.

País	GDP 2010 ($\cdot 10^3$ milions USD 2005)
Unió Europea dels 28	14448
Estats Units	13595
Japó	4648
Xina	3839
Índia	1243
Canadà	1240
Corea del Sud	1098
Brasil	1096
Mèxic	953
Rússia	909
Austràlia	797
Aràbia Saudita	435
Indonèsia	377
Àfrica del Sud	289
Iran	242

El TOP-15, pel que fa a GDP, el formen els mateixos països que formen el nostre TOP-15 escollit a partir dels països que van emetre més gasos d'efecte hivernacle l'any 2010 exceptuant dos casos. Aquest fet es deu a la incorporació en aquests grup de 15 de dos països europeus però que no formen part de la Unió Europea dels 28 com són Turquia i Suïssa en detriment de Àfrica del Sud i Iran.

La segona variable que analitzaré és el consum energètic o Energy Supply, identificatiu amb que també podem anomenar aquesta variable. La taula amb els valors del nostre TOP-15 es mostra a continuació i està ordenada de major consumidor d'energia a menor.

País	Energy Supply 2010 (EJ)
Xina	105
Estats Units	92
Unió Europea dels 28	72
Índia	30
Rússia	29
Japó	20
Brasil	11
Canadà	10
Corea del Sud	10
Indonèsia	8

Iran	8
Aràbia Saudita	8
Mèxic	7
Àfrica del Sud	6
Austràlia	5

Comparant els TOP-15 del 2010, pel que fa a subministrament d'energia, i els 15 primers països pel que fa referència a les emissions de gasos de efecte hivernacle, trobem que la situació és manté gairebé igual, amb una única variació, precisament en la darrera posició d'aquest ranking. Austràlia, que en la classificació dels 15 països que més gasos de efecte hivernacle van emetre l'any 2010 ocupava la última posició és substituït en el TOP-15 de països amb més Energy Supply per Ucraïna.

La darrera variable que analitzaré en aquest apartat és la població dels nostres TOP-15. A continuació es pot veure la taula amb les poblacions de cada país. Està ordenat de països amb major població a menor.

País	**Població 2010 (milions de persones)**
Xina	1360
Índia	1206
Unió Europea dels 28	506
Estats Units	312
Indonèsia	241
Brasil	195
Rússia	144
Japó	127
Mèxic	118
Iran	74
Àfrica del Sud	51
Corea del Sud	48
Canadà	34
Aràbia Saudita	27
Austràlia	22

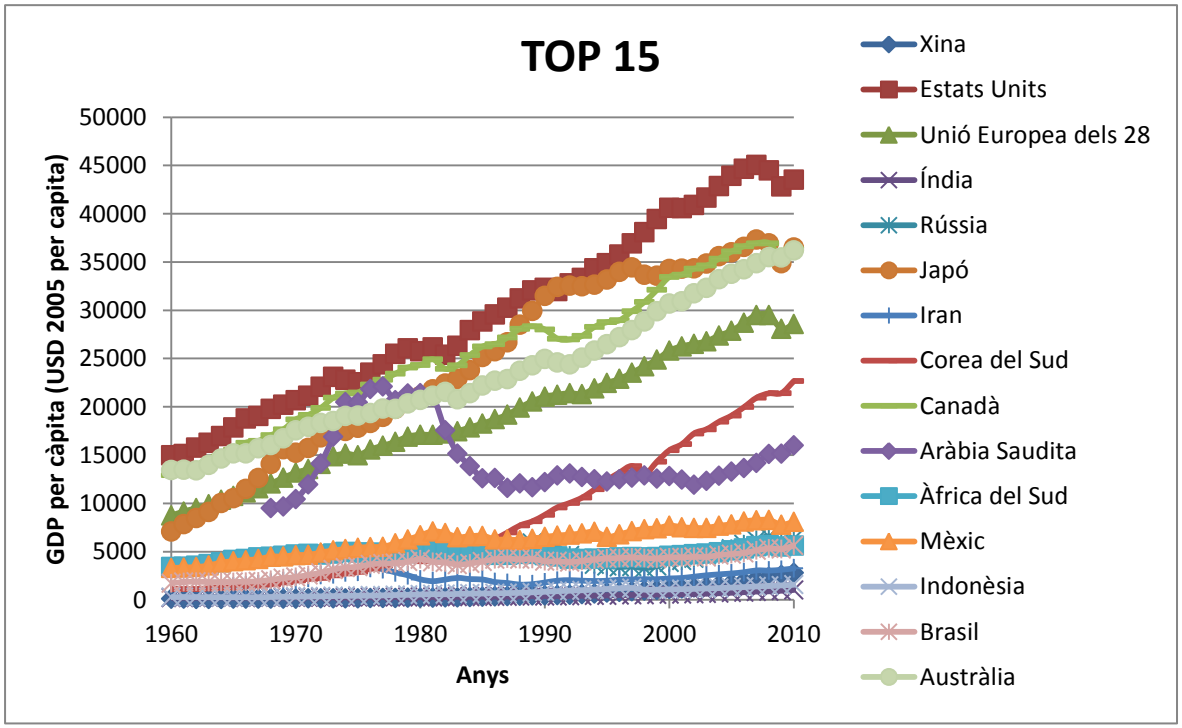
En aquest cas el TOP-15 de població varia substancialment en comparació amb el nostre TOP-15. Els països del nostre TOP-15 amb menys de 100 milions de persones surten del TOP-15 de població i són substituïts per països amb major nombre de habitants. La resta de països que conformen el TOP-15 de població són Pakistan, Nigèria, Bangladesh, Filipines, Etiòpia i Vietnam.

A continuació s'adjunta una taula-resum amb les principals variables dels països del TOP-15 per poder comparar-les entre elles i visualitzar millor les diferències existents entre les nacions pertanyents a aquest grup de països. Més endavant, en el punt dos d'aquest treball s'analitzaran en profunditat les variables mostrades en la taula següent.

Resum dels països del TOP-15 (2010)

País	**Població** *(milions de persones)*	**GDP** *($\cdot 10^3$ milions USD-2005)*	**GDP per càpita** *(USD-2005 per càpita)*	**Energy Supply** *(EJ)*	**Energy Supply per càpita** *(GJ per càpita)*
Xina	1360	14448	2823	105	77,4
Índia	1206	13595	43541	92	296,6
UE dels 28	506	4648	28567	72	142,5
Estats Units	312	3839	1032	30	25,1
Indonèsia	241	1243	6331	29	204,4
Brasil	195	1240	36501	20	163,8
Rússia	144	1098	3259	11	118,3
Japó	127	1096	22675	10	215,6
Mèxic	118	953	36338	10	307,4
Iran	74	909	15995	8	294,4
Àfrica del Sud	51	797	5633	8	115,6
Corea del Sud	48	435	8085	8	63,4
Canadà	34	377	1570	7	36,7
Aràbia Saudita	27	289	5618	6	56,9
Austràlia	22	242	36195	5	232,4

2.2. GDP per càpita



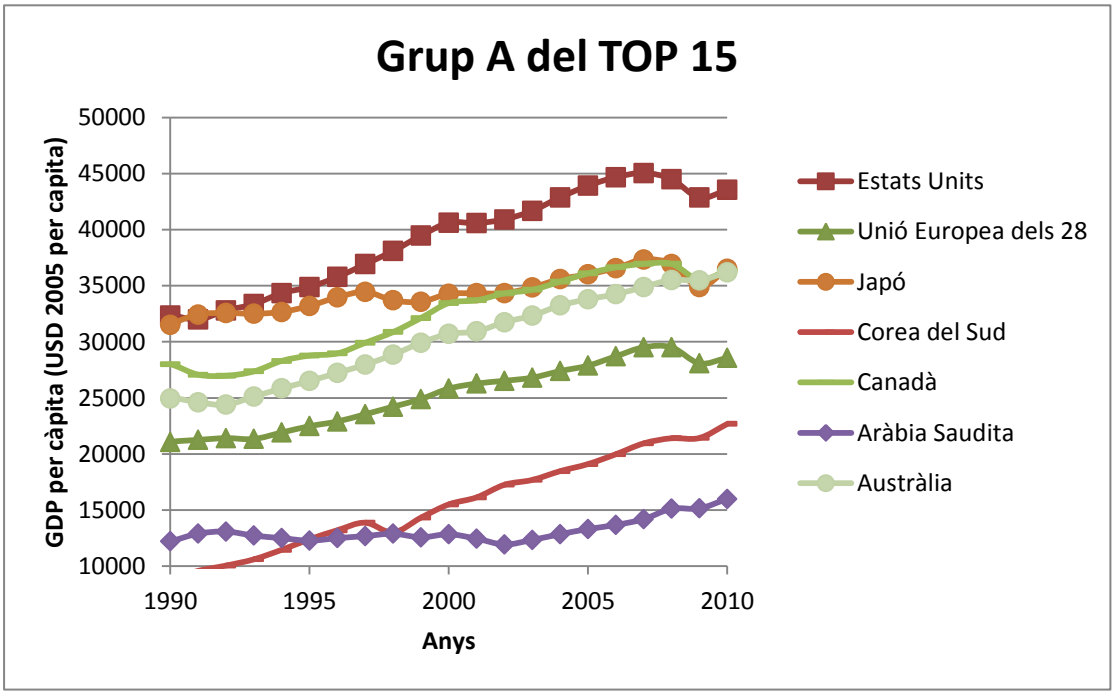
2.2.1. Generalitats

La primera observació que es pot fer, observant la gràfica del GDP per càpita dels països que formen el TOP-15, és la tendència general al creixement. S'aprecia com tots els països que formen aquest grup augmenten el seu GDP per persona al llarg dels anys, alguns d'una forma més pronunciada i d'altres més pausada.

La segona apreciació que es pot fer, veient la imatge, és la diferenciació en dos grans grups de països. El grup A està format per països amb un GDP per càpita superior a 15000 USD-2005 l'any 2010, mentre que el segon bloc de països, el B, està format per països amb un GDP per persona l'any 2010 inferior a 15000 USD-2005.

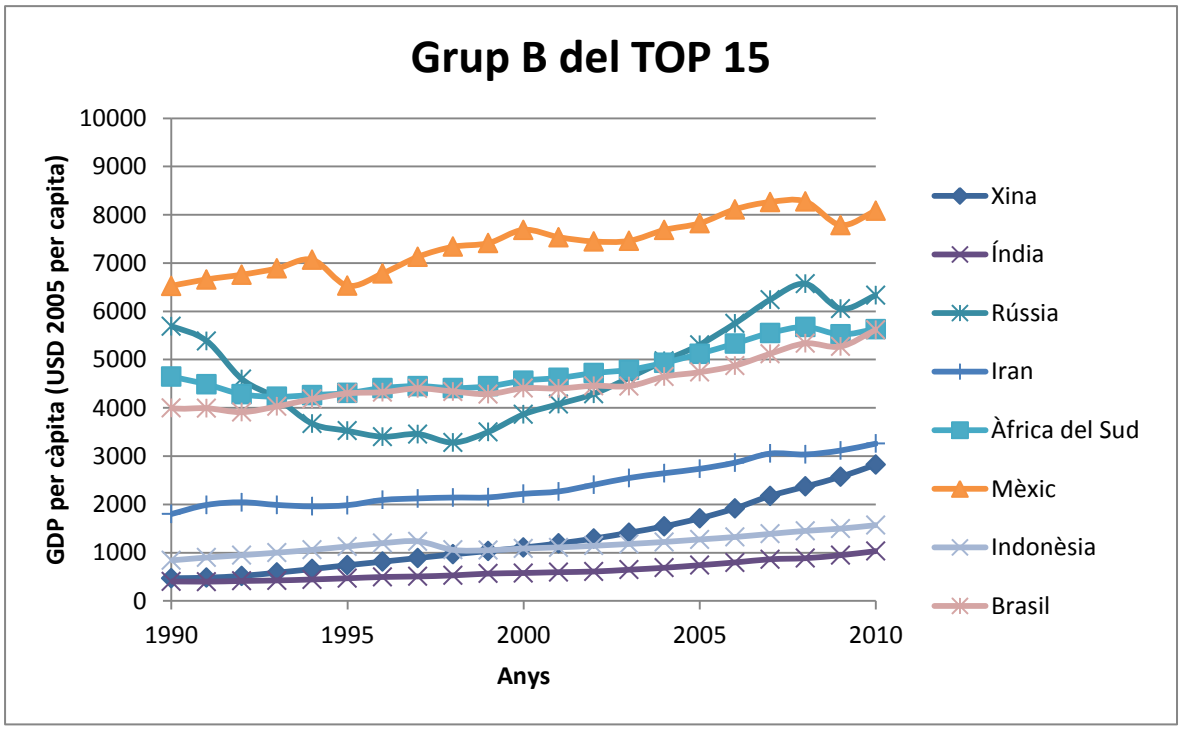
Formen el grup A els següents països:

Grup A
Estats Units
Japó
Canadà
Austràlia
Unió Europea dels 28
Corea del Sud
Aràbia Saudita



El grup B està format pels següents països:

Grup B
Mèxic
Àfrica del Sud
Brasil
Indonèsia
Iran
Rússia
Xina
Índia



En els països més desenvolupats del conjunt dels TOP-15 és pot observar en la gràfica conjunta i en les gràfiques individuals el queixal ocasionat per la crisi econòmica dels anys 2008-2010. Els països següents són en els que més es pot observar aquest fenomen:

Països amb queixal "econòmic" anys 2008-2010
Estats Units
Unió Europea dels 28
Rússia
Japó
Iran
Corea del Sud
Canadà
Aràbia Saudita
Àfrica del Sud
Mèxic
Brasil
Austràlia

2.2.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys

Per visualitzar millor la tendència de creixement del GDP de cada país es presenta la següent taula en la qual es pot observar el pendent dels darrers 20 anys per a cada país. Estan els països ordenats de major pendent a menor.

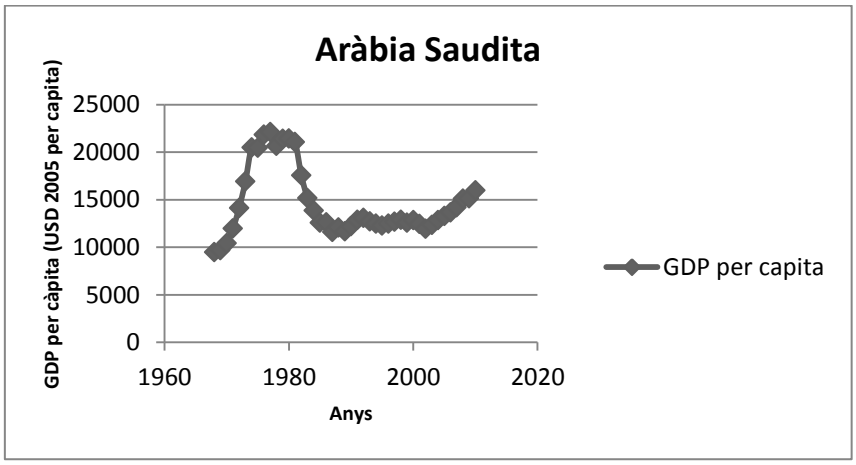
País	**Pendent període 1990-2010 (USD 2005 per càpita/anys)**
Estats Units	703
Corea del Sud	696
Austràlia	647
Canadà	573
Unió Europea dels 28	467
Japó	244
Aràbia Saudita	123
Xina	111
Rússia	99
Mèxic	84
Brasil	71
Àfrica del Sud	70
Iran	69
Índia	29
Indonèsia	28

2.2.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesis de les seves causes

2.2.3.1. Aràbia Saudita

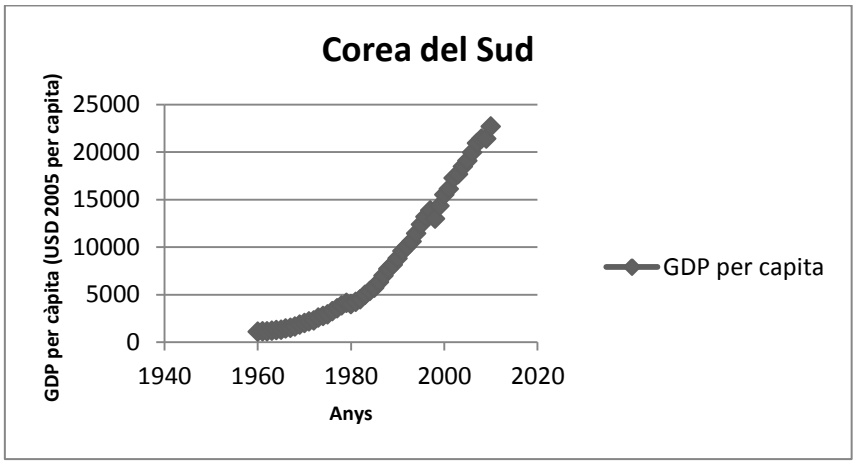
Un fet curiós que es pot observar a la gràfica dels països del TOP-15 és el comportament que té l'Aràbia Saudita durant els anys compresos entre 1970 i 1985. Aquest fet ve derivat del context econòmic, polític i social d'aquells anys. Pel que fa al tema econòmic, l'Aràbia Saudita va ser un dels membres fundadors de la OPEP l'any 1960. Durant la dècada dels 70 els països de la OPEP van adquirir importància internacional en el sector petroler i arran de la crisi del petroli del 1973 el país es va començar a desenvolupar i a créixer de forma espectacular.

La guerra entre Iraq i Iran durant els anys 1980-1988 i el descobriment de nous jaciments de petroli arreu del món van fer que l'extracció de petroli i la seva posterior comercialització es disminuïes dràsticament, cosa que explica la davallada considerable que sofreix el GDP per càpita a finals dels anys 80. Pel que fa al context polític i social, la obertura a nous inversors estrangers a territori saudita durant aquells anys i la millora en la qualitat de vida dels habitants va fer que ajudes a incrementar-se el GDP per càpita del país.



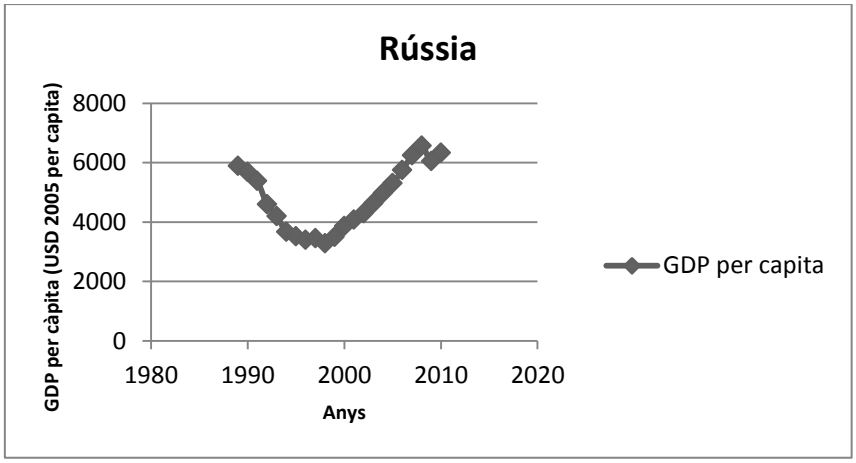
2.2.3.2. Corea del Sud

Un altre comportament que s'ha de comentar és el que experimenta Corea del Sud, on es desenvolupa un creixement molt significatiu, passant el país de tenir un GDP similar al dels països que formen part del grup B durant els anys 60 a formar part actualment dels països del grup A. Aquest canvi és degut al creixement que va experimentar el sector industrial, basat en les indústries manufactureres, les quals van ser el motor per al creixement econòmic del país. Aquestes indústries es van beneficiar de la ajuda interna i, sobretot, externa que va rebre el país després de la guerra de Corea i van implantar tecnologies modernes que van ocasionar un augment en la producció de mercaderies, on la majoria d'aquestes eren per als mercats estrangers.



2.2.3.3. Rússia

Un fenomen que no es pot apreciar en la gràfica general però si en la gràfica individualitzada de cada país és la caiguda del GDP de Rússia derivat del desmembrament de la URSS.

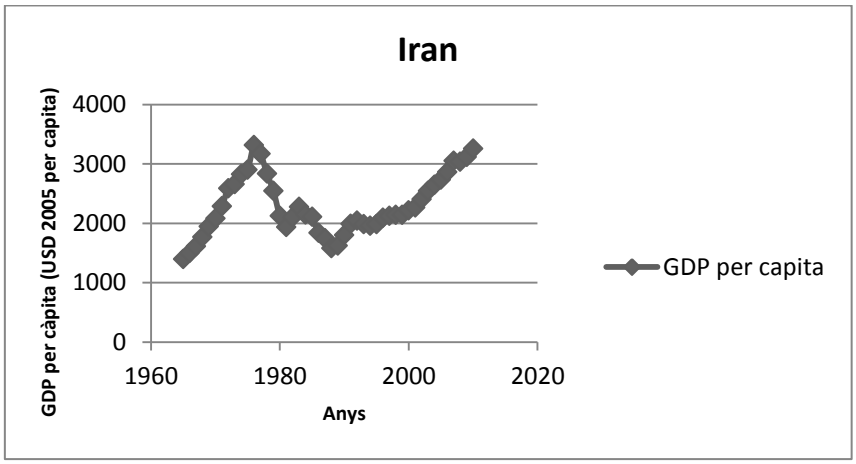


Durant el període comprés entre 1990-1998 el GDP va anar disminuint paulatinament. Això ve arran de la caiguda del bloc soviètic. Aquest fet polític va ocasionar una transformació radical en la economia de Rússia, passant de ser una economia centralment planificada a una economia de mercat globalment integrada.

Aquesta obertura al món va ocasionar la privatització de les grans empreses estatals davant d'una gran controvèrsia. La majoria d'aquests casos es van fer fraudulentament i corruptament venent les empreses a persones en posicions clau dels negocis i del govern del país per molt menys del valor del mercat que tenien aquestes empreses. Aquestes noves fortunes, a més a més, van invertir al estranger, ocasionant una enorme fugida de capitals i causant una crisi financera l'any 1998. La recuperació d'aquesta crisi va ser molt ràpida i gran part d'aquesta superació va ser gràcies a la devaluació del ruble rus durant els anys 1998-2000, que va fer que els productors russos fossin més competitius nacional i internacionalment.

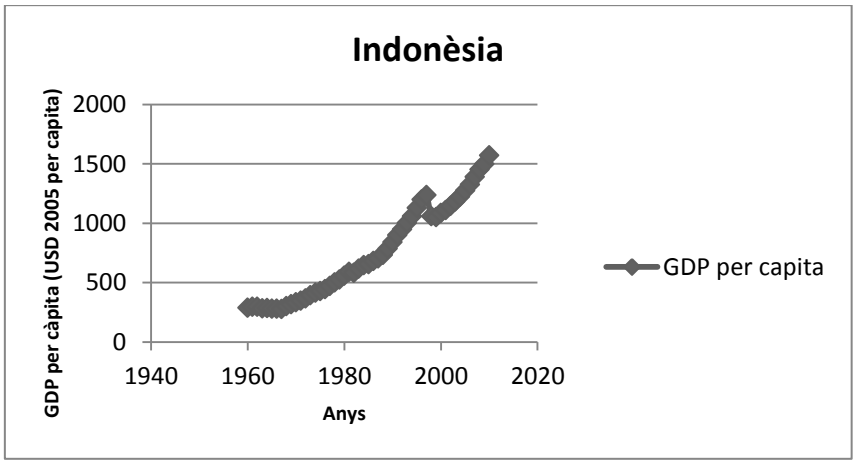
2.2.3.4. Iran

Una altra gràfica que varia substancialment sobre la resta és la de l'Iran. En aquesta es pot observar uns grans canvis de tendència en el GDP per càpita. L'Iran va experimentar un ràpid creixement derivat dels ingressos ocasionats per la extracció i comercialització del petroli per una banda, i gràcies a la ajuda externa que va rebre el país en aquells anys per l'altra (sobretot del seu gran aliat EEUU). Aquest creixement desmesurat va fer que el país, tradicionalment agrícola, s'industrialitzés i es modernitzés, fet que es manté fins a meitat dècada dels 70. La crisi del petroli de l'any 1973 va produir un augment de la inflació i una gran diferència entre els rics i els pobres i la ciutat i el camp. A més, a finals dels anys setanta va succeir la revolució iraniana per fer fora del poder del país el Xa que governava sota la tutela dels Estats Units i, segons els iranians, qui més es beneficiava de la comercialització del petroli iranià. Durant la revolució i el establiment del nou règim de govern va esclatar la guerra Iran-Iraq, començada pel règim nacionalista àrab veí encapçalat per Saddam Hussein amb la intenció d'aprofitar el caos revolucionari que vivia Iran en aquell moment i destruir la revolució islàmica iraniana en els seus orígens. Posteriorment a aquesta guerra que va allargar-se 8 anys, el govern va tractar de desenvolupar els sectors de comunicació, transport, manufactura, salut, educació i energia del país (incloent les seves instal·lacions nuclears potencials), i va començar a integrar els seus sistemes de comunicació i transport amb les dels estats veïns. Totes aquestes mesures van originar que la economia del país es revitalitzes i comences a créixer de nou contínuament fins avui en dia.

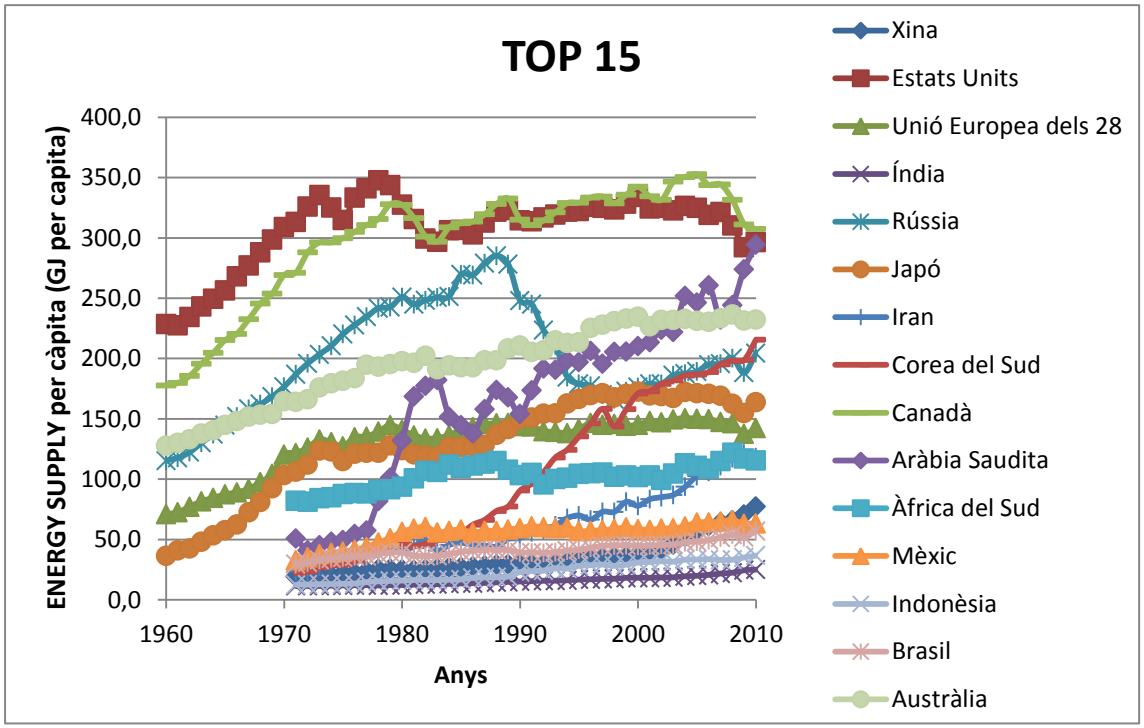


2.2.3.5. Indonèsia

El darrer punt que podem considerar curiós és el queixal que es pot observar en la gràfica individualitzada de Indonèsia. Aquest fenomen s'ocasiona l'any 1997 degut a la crisi financera asiàtica que va afectar al país a meitat d'aquell any. Aquesta crisi va devaluar la moneda local, la rupia, ocasionant un augment en el deute públic. Les mesures que es van acordar entre el govern d'Indonèsia i el Fons Monetari Internacional van ser l'elaboració d'un programa de reforma econòmica amb vista a l'estabilització macroeconòmica i l'eliminació d'algunes de les polítiques econòmiques més perjudicials del país.



2.3. ENERGY SUPPLY per càpita



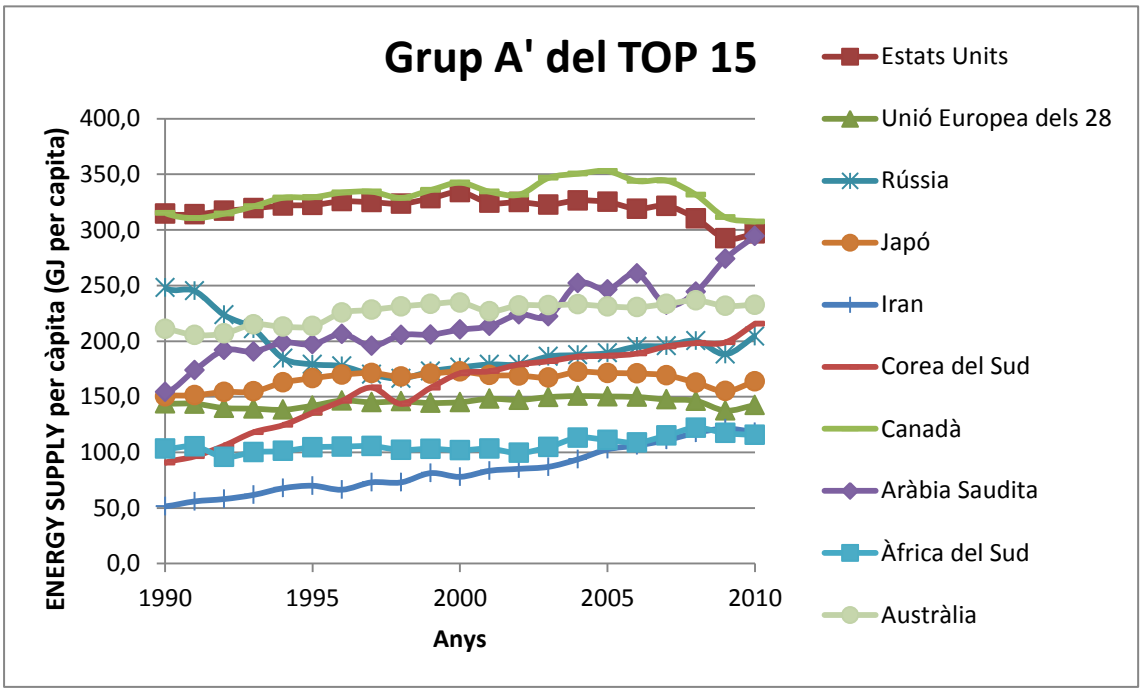
2.3.1. Generalitats

La primera observació que es pot fer en la gràfica del subministrament d'energia dels països que formen el TOP-15 és la tendència general al creixement. S'aprecia, igual com en el cas del GDP per càpita, com en gairebé tots els països que pertanyen a aquest grup el seu Energy Supply per càpita va augmentant a mesura que transcorren els anys, exceptuant dos casos que en parlarem més endavant.

El següent punt que es pot observar en la gràfica del subministrament d'energia és la classificació en dos grans grups. El primer grup estarà format pel conjunt de països amb un subministrament energètic superior a 100 GJ per càpita el 2010 i el segon grup estarà format pels que tinguin un valor inferior a aquests 100 GJ per càpita el 2010.

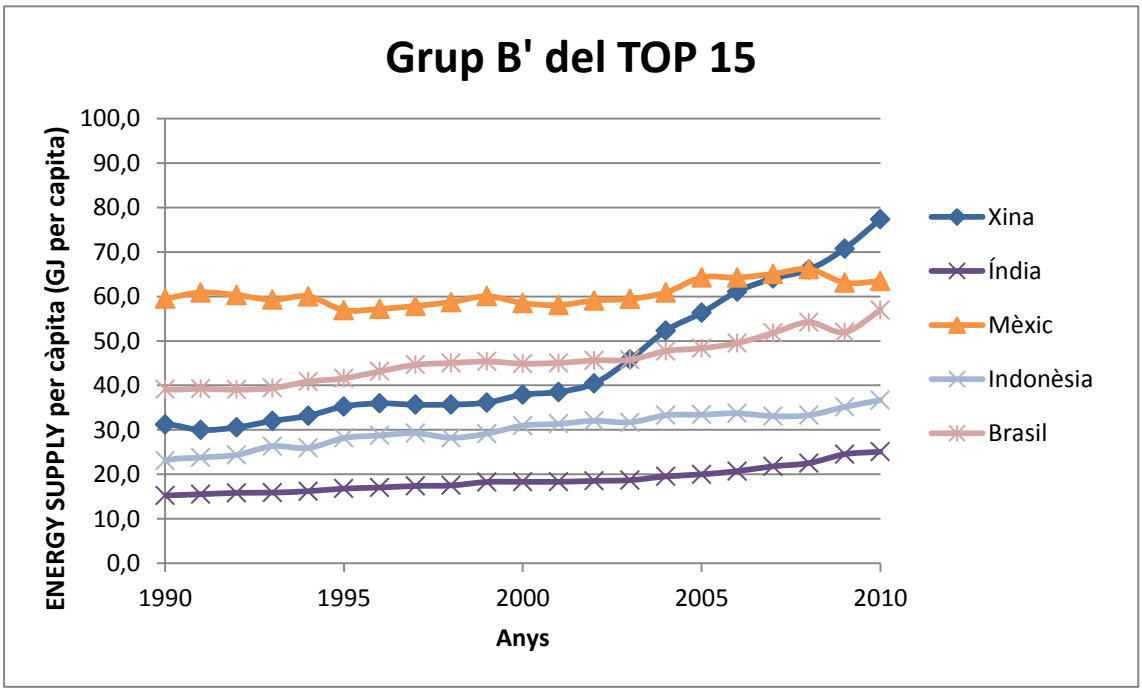
Formen el primer grup A' els següents països:

Grup A'
Estats Units
Unió Europea dels 28
Aràbia Saudita
Austràlia
Japó
Corea del Sud
Canadà
Rússia
Àfrica del Sud
Iran



El grup B' està format pel conjunt dels països següents: Xina, Mèxic, Indonèsia, Índia i Brasil.

Grup B'
Xina
Mèxic
Indonèsia
Índia
Brasil



Pel que fa a si coincideixen els països dels grups A i B de GDP per càpita amb els dels grups A' i B' de ENERGY SUPPLY podem dir que sol tres països canvien de grup. Rússia, Iran i Àfrica del Sud són els únics països que canvien de grup, passant tots tres del grup B al A. La resta de països es mantenen al mateix grup en les dos gràfiques estudiades.

Es pot afirmar que hi ha una relació entre el creixement del GDP per persona i l'energia subministrada per persona. Això es deu a que a major progrés i desenvolupament d'un indret determinat sempre va relacionat amb un major consum energètic, però també amb un major enriquiment generalitzat de la nació, cosa que es tradueix en un augment del GDP i del Energy Supply per càpita. Els països capdavanters amb el GDP per càpita també són els capdavanters amb el subministrament d'energia, a més a més aproximadament tenen el mateix ordre en totes dos gràfiques.

La Unió Europea dels 28 és un dels "països" on la variació de posició entre la gràfica de GDP per càpita i la de Energy Supply per càpita és més significativa. Pel que fa a GDP per persona, la Unió Europea dels 28 es situa cinquena en la classificació dels TOP-15, amb un GDP per càpita el 2010 força semblant als quatre primers països (Estats Units, Japó, Canadà i Austràlia).

Pel que fa al ENERGY SUPPLY, els 28 països de la Unió Europea es troben en vuitè lloc en la classificació de subministrament energètic. El valor del subministrament d'energia de la UE dels 28 es força semblant als dos països que el segueixen per darrera en el llistat (Àfrica del Sud i Iran) i la diferència que té amb els països que lideren aquesta classificació es força elevat.

2.3.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys

Per acabar en aquest apartat, s'elabora una taula amb el pendent (ordenat de major a menor) en els darrers 20 anys del ENERGY SUPPLY per càpita dels diferents països per poder observar millor les tendències de cada un d'ells.

País	**Pendent període 1990-2010 (GJ per càpita/anys)**
Corea del Sud	5,73
Aràbia Saudita	5,12
Iran	3,44
Xina	2,23
Austràlia	1,36
Àfrica del Sud	0,84
Brasil	0,79
Canadà	0,71
Indonèsia	0,60

Japó	0,53
Índia	0,43
Mèxic	0,29
Unió Europea dels 28	0,24
Estats Units	-0,55
Rússia	-1,31

Hi ha un grup de països on aquest valor de subministrament creix però s'ha estabilitzat. Aquests països són els següents:

Països amb estabilització d'Energy Supply anys 1990-2010
Unió Europea dels 28
Mèxic
Índia
Japó
Indonèsia
Canadà
Brasil
Àfrica del Sud

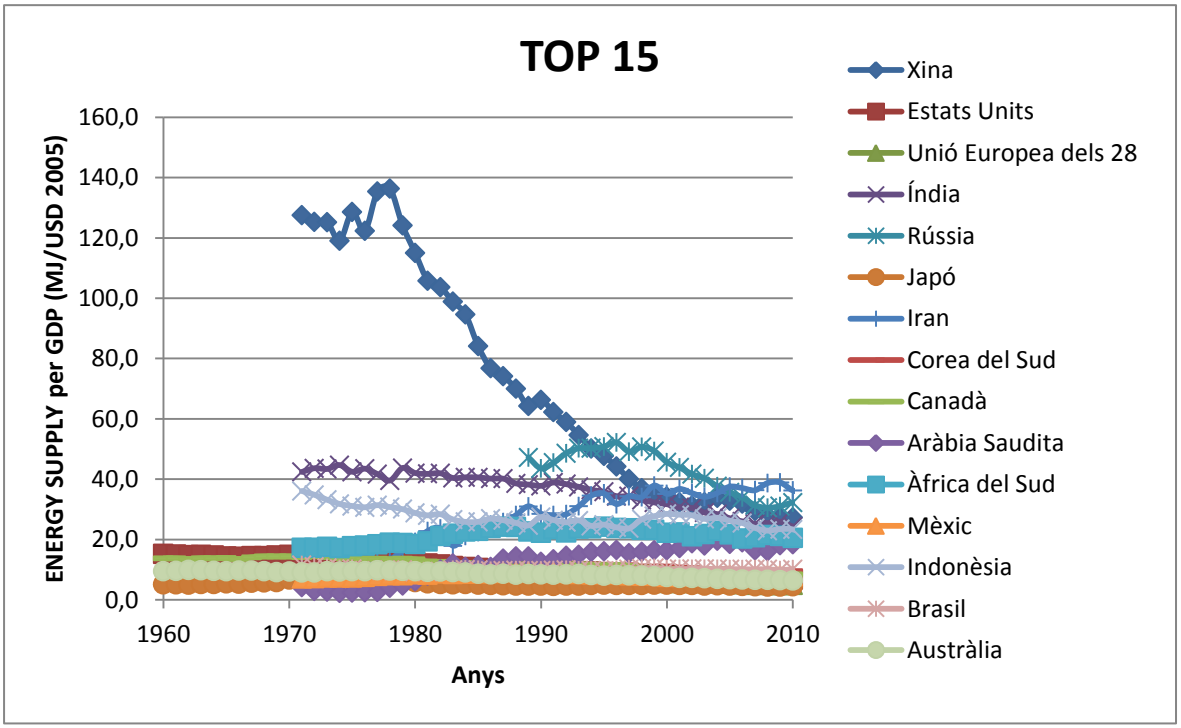
Els únics dos països en els quals el subministrament energètic en els darrers 20 anys va a la baixa són aquests:

Països amb disminució d'Energy Supply anys 1990-2010
Estats Units
Rússia

La resta de països disposen de una tendència de creixement pel que fa al consum d'energia.

Països amb creixement d'Energy Supply anys 1990-2010
Corea del Sud
Aràbia Saudita
Iran
Xina
Austràlia

2.4. ENERGY SUPPLY per GDP o INTENSITAT ENERGÈTICA



2.4.1. Generalitats

El primer pas per entendre quina variable estem tractant és definint i explicant breument que és la intensitat energètica.

La intensitat energètica és la quantitat d'energia primària consumida per cada unitat de riquesa creada en una comunitat de persones. S'utilitza per a mesurar l'estalvi i l'eficiència energètica d'aquesta col·lectivitat i s'usa com a un índex més per a mesurar indirectament la sostenibilitat i la capacitat de càrrega en contextos tecnològics, polítics i econòmics d'energia i de medi ambient. Aquest valor sol ser l'indicador d'ús més comú a l'hora de mesurar el desenvolupament d'un país.

Pel que fa al anàlisi del consum energètic en funció del GDP es pot observar com la majoria de països del TOP-15 tenen tendències decreixents, exceptuant dos països que la tenen creixent.

Després hi ha un grup de països que en la seva gràfica individualitzada es pot observar millor com la tendència es pràcticament zero i aquest valor s'ha estabilitzat. Aquests països són els següents:

Països amb estabilització d'Intensitat Energètica anys 1960-2010
Brasil
Mèxic
Corea del Sud
Àfrica del Sud

La resta de països no esmentats del TOP-15 (la majoria d'ells països desenvolupats del primer món) tenen una tendència negativa. Dins d'aquests països amb tendència decreixent destaca la Xina, on passa en 30 anys de gairebé 140 MJ/USD-2005 d'intensitat energètica al voltant dels 30 MJ/USD-2005 avui en dia.

Països amb disminució d'Intensitat Energètica anys 1960-2010
Xina
Estats Units
Austràlia
Unió Europea dels 28
Canadà
Índia
Rússia
Japó
Indonèsia

Els únics dos països on aquest valor de consum per GDP es creixent són:

Països amb creixement d'Intensitat Energètica anys 1960-2010
Iran
Aràbia Saudita

Un fet que es pot apreciar és el intercanvi de papers entre els dos grups establerts en les altres gràfiques estudiades, A i B, en aquesta darrera gràfica del consum energètic en funció del GDP.

En els altres dos casos estudiats anteriorment els països que es trobaven a la part alta de la gràfica eren els països més desenvolupats en general (els del grup A) i en la part baixa es trobaven els del grup B, on es trobaven països emergents.

En aquesta darrera gràfica estudiada, els països amb menys recursos i que estan menys desenvolupats es troben en la part superior de la gràfica mentre que els països més avançats tecnològicament i amb més recursos es troben situats a la part de baix de la gràfica de consum energètic en funció del GDP.
Aquest fet ve derivat del significat de la intensitat energètica. Un valor petit d'intensitat energètica significa que hi ha una disminució del consum energètic per a una mateixa producció de riquesa, cosa que s'interpreta com un increment de l'eficiència energètica del país.

Els països del grup A són, com hem dit en anterioritat, els països més desenvolupats en tots els àmbits, per això en la classificació de la intensitat energètica es troben en els darrers llocs gràcies a la seva millor eficiència energètica enfront els països emergents.

2.4.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys

Finalment, com en els altres casos, per veure millor la tendència que tenen els països en els darrers anys pel que fa al subministrament energètic en funció del GDP s'elabora una taula amb el pendent per a aquest període de 20 anys ordenat de major a menor.

País	**Pendent període 1990-2010 (MJ/USD 2005/anys)**
Iran	0,44
Aràbia Saudita	0,23
Brasil	0,017
Japó	-0,018
Mèxic	-0,057
Corea del Sud	-0,079
Indonèsia	-0,091
Unió Europea dels 28	-0,099
Austràlia	-0,12

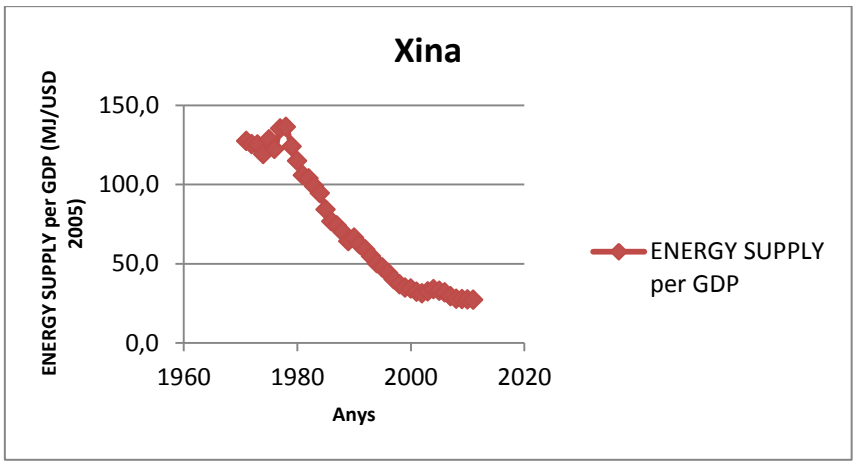
Àfrica del Sud	-0,15
Canadà	-0,16
Estats Units	-0,17
Índia	-0,77
Rússia	-1,04
Xina	-1,81

2.4.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesis de les seves causes

2.4.3.1. Xina

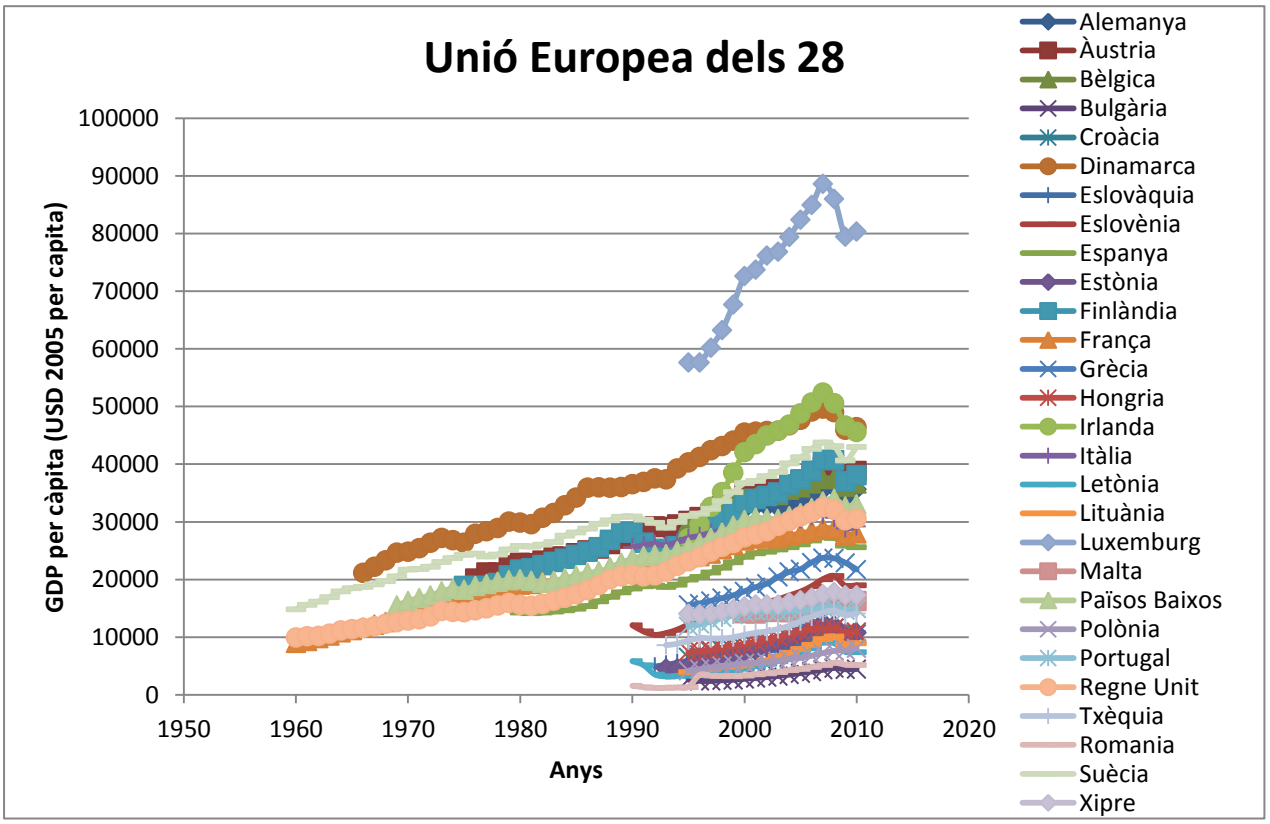
La caiguda tant pronunciada de la intensitat energètica de la Xina té dos explicacions. La primera de elles és el desenvolupament i modernització de totes aquelles plantes on es genera energia en el país des de 1980 fins la actualitat, on s'han millorat les tècniques de producció d'energia en aquestes centrals.

Una altra causa és la substitució gradual que està portant a cap la Xina de energies provinents de combustibles fòssils a energies provinents de no fòssils. En els darrers anys el govern xinès s'ha proposat reduir les emissions de efecte hivernacle i ha implantat una política energètica basada en les centrals nuclears, les hidroelèctriques i les energies renovables, especialment la eòlica, la solar i la biomassa.



3.- CAPÍTOL 3: ANÀLISI DE LA UE DELS 28.

3.1. GDP per càpita



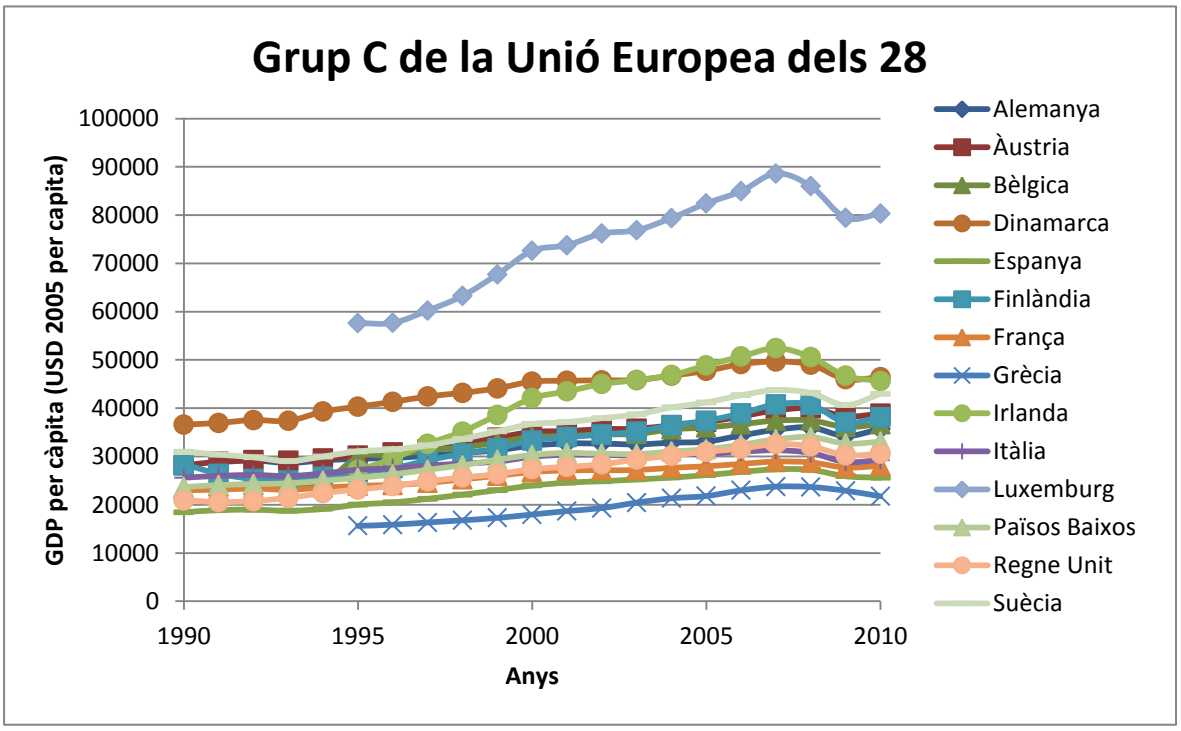
3.1.1. Generalitats

Com en el cas anterior dels països del TOP-15, la primera observació que es pot veure mirant la gràfica del GDP per càpita és la tendència general al creixement. Tots els països de la Unió Europea dels 28 augmenten el seu GDP per persona al pas dels anys.

La segona idea que podem treure del GDP per càpita en els 28 països que conformen la Unió Europea és la separació en dos grans grups. El primer grup, C, està format per països que tenen un GDP per càpita superior als 20000 USD-2005 al any 2010. El segon grup, el D, el composaran els països amb un GDP per persona inferior als 20000 USD-2005 l'any 2010.

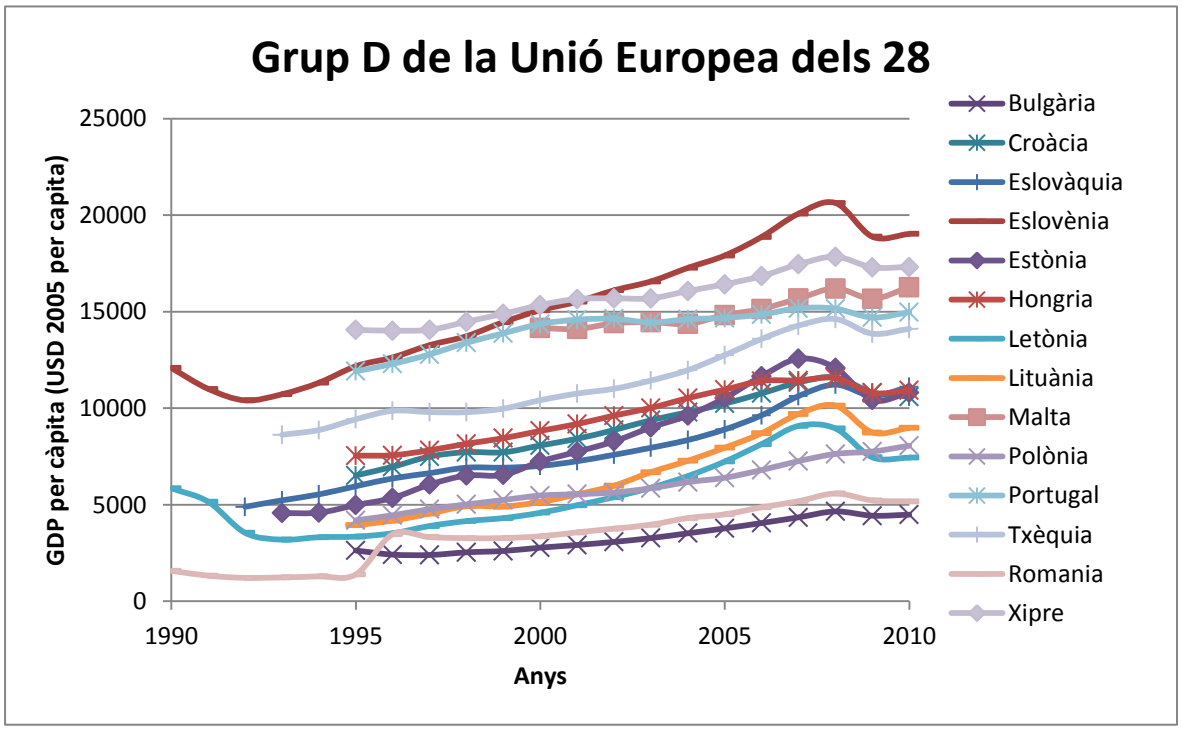
Els següents països son els que formen part del grup C:

Grup C
Alemanya
Àustria
Bèlgica
Dinamarca
Espanya
Finlàndia
França
Grècia
Irlanda
Itàlia
Luxemburg
Països Baixos
Regne Unit
Suècia



Formen el segon bloc els següents països:

Grup D
Bulgària
Croàcia
Eslovàquia
Eslovènia
Estònia
Hongria
Letònia
Lituània
Malta
Polònia
Portugal
Txèquia
Romania
Xipre



Curiós és el fet que en ambdós grups hi ha una igual divisió de països puix que a cada grup hi ha exactament el mateix nombre de països. Aquest nombre és de 14 per cadascun d'ells.

Exceptuant Polònia que durant els darrers anys sempre s'ha comportat de forma creixent, la resta de països sofreixen una baixada, queixal o vall al voltant dels anys 2008 i 2010 degut a la crisi econòmica que ha esquitxat tot el món darrerament.

3.1.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys

Per visualitzar millor la tendència de cadascun dels països en els darrers 20 anys, a la taula següent es pot observar el pendent d'aquest període d'anys. Està ordenat de major GDP a menor.

País	**Pendent període 1990-2010 (USD 2005 per càpita/anys)**
Luxemburg	1945
Irlanda	1445
Suècia	873
Finlàndia	872
Regne Unit	732
Països Baixos	635
Àustria	627
Grècia	581
Eslovènia	548
Bèlgica	495
Estònia	489
Dinamarca	489
Espanya	453
Lituània	420
Alemanya	419
França	391
Letònia	378
Txèquia	377
Eslovàquia	365
Croàcia	331
Polònia	311
Hongria	293
Xipre	265
Portugal	233

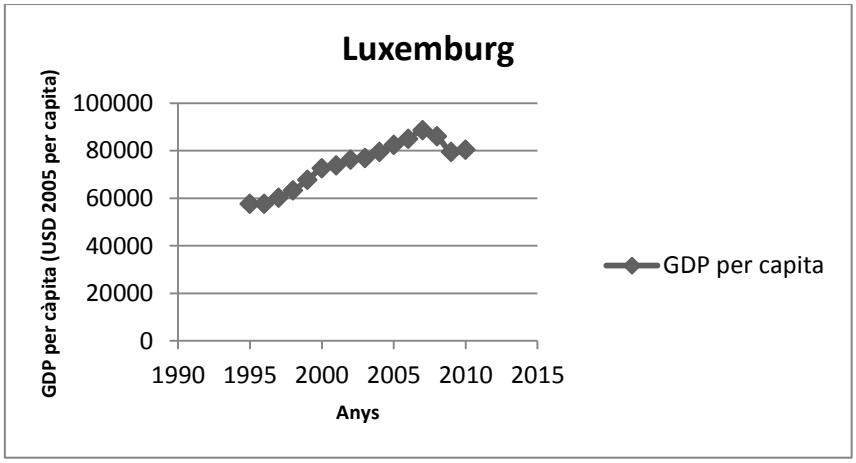
Malta	231
Romania	207
Itàlia	173
Bulgària	165

3.1.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesis de les seves causes

3.1.3.1. Luxemburg

Un país que té un comportament peculiar i força diferent a la resta és Luxemburg. Es pot observar en el gràfic conjunt com el GDP per càpita de Luxemburg està força allunyat de la resta de països que formen part de la Unió Europea dels 28.

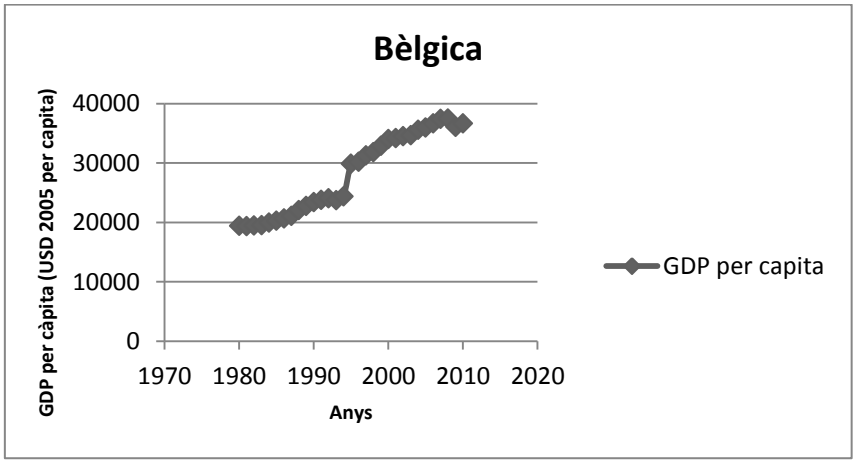
Aquest país és el segon en el ranking mundial de GDP per càpita, darrera de Qatar. La seva economia es basa en la banca, l'acer i els sectors industrials, amb un gran nombre d'exportacions.



3.1.3.2. Bèlgica

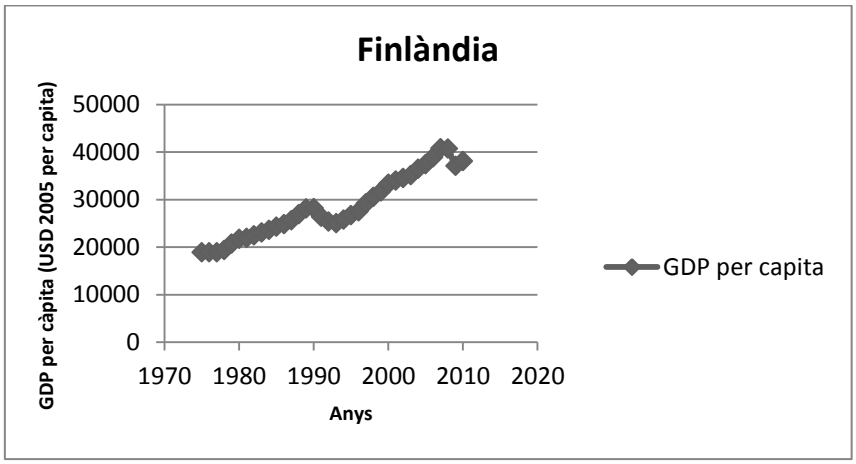
Un altre país amb un comportament especial és Bèlgica. En la gràfica individualitzada es pot observar com de l'any 1994 al 1995 hi ha un canvi molt sobtat en el GDP per càpita del país.

Durant 1992 i 1993, l'economia belga va patir la pitjor recessió des de la Segona Guerra Mundial degut a una decisió política (1990) que va comportar la unificació dels tipus d'interès de Bèlgica amb els d'Alemanya, la qual cosa es va acabar traduint en un important augment d'aquestes i en una repercussió negativa en la taxa de creixement econòmic belga. El gran canvi en el GDP per persona que es pot apreciar en la gràfica de Bèlgica es deu a la recuperació gairebé immediata de la recessió patida a l'any 1990. Les dades del GDP s'han verificat tant a la base de dades del Worldbank com a les de la UE i són correctes.



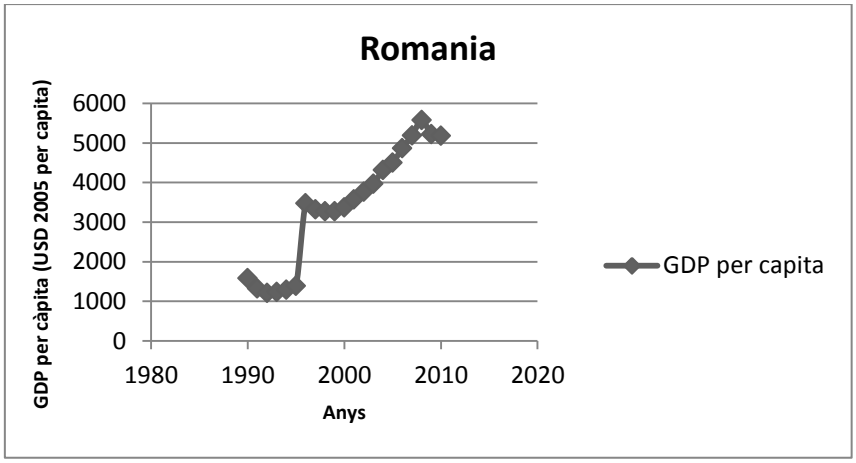
3.1.3.3. Finlàndia

Un altre país on es pot observar una anomalia és Finlàndia. En la gràfica d'aquest país podem veure un segon queixal a part del causat en els darrers anys per la crisi econòmica del 2008. Als inicis del 1990 es pot observar una baixada important en el GDP per càpita del país. L'any 1986 el govern de Finlàndia va impulsar un canvi en les lleis bancàries que va ocasionar que als inicis dels 90 l'economia finlandesa caigués en una severa recessió. Les causes principals van ser la fàcil accessibilitat al crèdit per la nova reforma bancària i la pèrdua de mercat amb els socis comercials clau, especialment Suècia i la Unió Soviètica. A més la crisi es va amplificar per l'oposició inicial dels sindicats a les reformes que es volien impulsar des de el govern per superar la recessió financera. Finalment es van dur a terme les mesures per superar la crisi, com el rescat dels bancs en fallida, i a partir del 1993 la economia de Finlàndia va anar millorant i creixent de nou.



3.1.3.4. Romania

El següent país amb un tret característic és Romania. En la seva gràfica individual es pot apreciar un augment molt pronunciat entre 1995 i 1996.

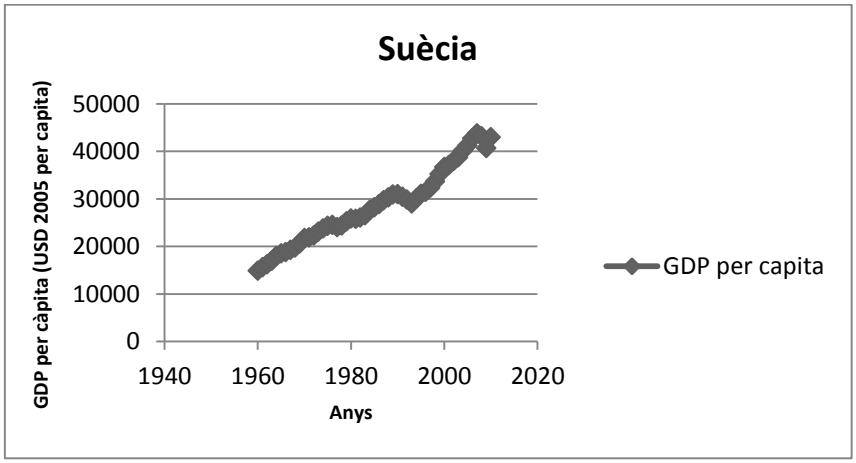


Romania va ser el principal soci comercial dels Estats Units a Europa Central fins que el 1988 el govern del país va renunciar a aquest tracte d'afavoriment degut als alts aranzels nord-americans a tots els productes provinents de Romania. Durant els anys 1992 i 1993 el govern va firmar diversos acords amb institucions internacionals per al lliure comerç dels seus productes, fet que va provocar que els aranzels que fins llavors existien per part dels Estats Units es reduïssin a zero. Romania d'aquesta forma va accedir als mercats europeus i va crear un marc bàsic per a una major integració econòmica. Cal recordar que

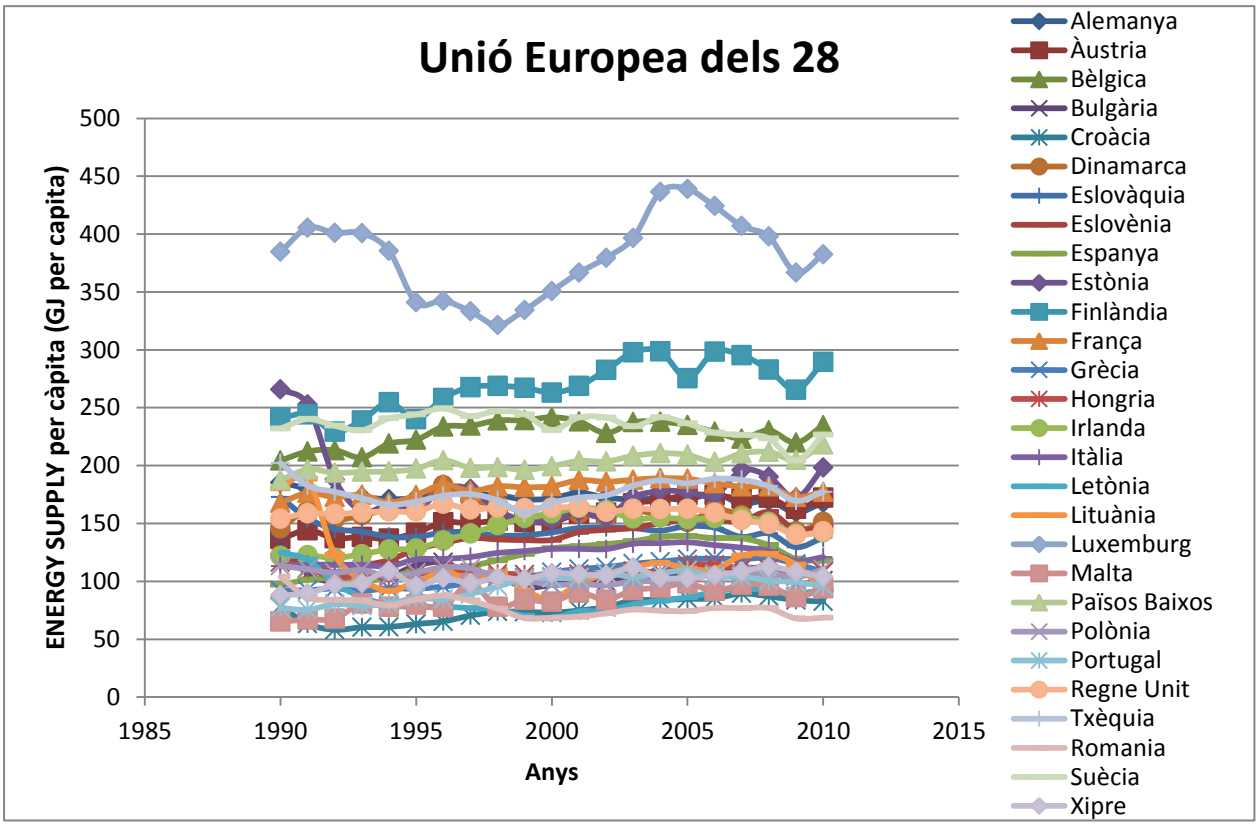
Romania va afrontar una dura revolució interna l'any 1999 la qual cosa va comportar el final del regim dictatorial de Ceaucescu, noves eleccions presidencials i la transició cap a un nou règim polític amb un suport dels països occidentals.

3.1.3.5. Suècia

El darrer país amb alguna particularitat és Suècia. En la seva gràfica individualitzada es pot observar una davallada en el GDP per càpita als inicis dels anys 90. Aquesta vall ve ocasionada per la crisi financera que va sofrir el país l'any 1990. Aquesta crisi va ocasionar-se per l'esclat de la bombolla immobiliària que va anar originant-se durant la dècada dels 80 com a conseqüència del augment dels préstecs.



3.2. ENERGY SUPPLY per càpita



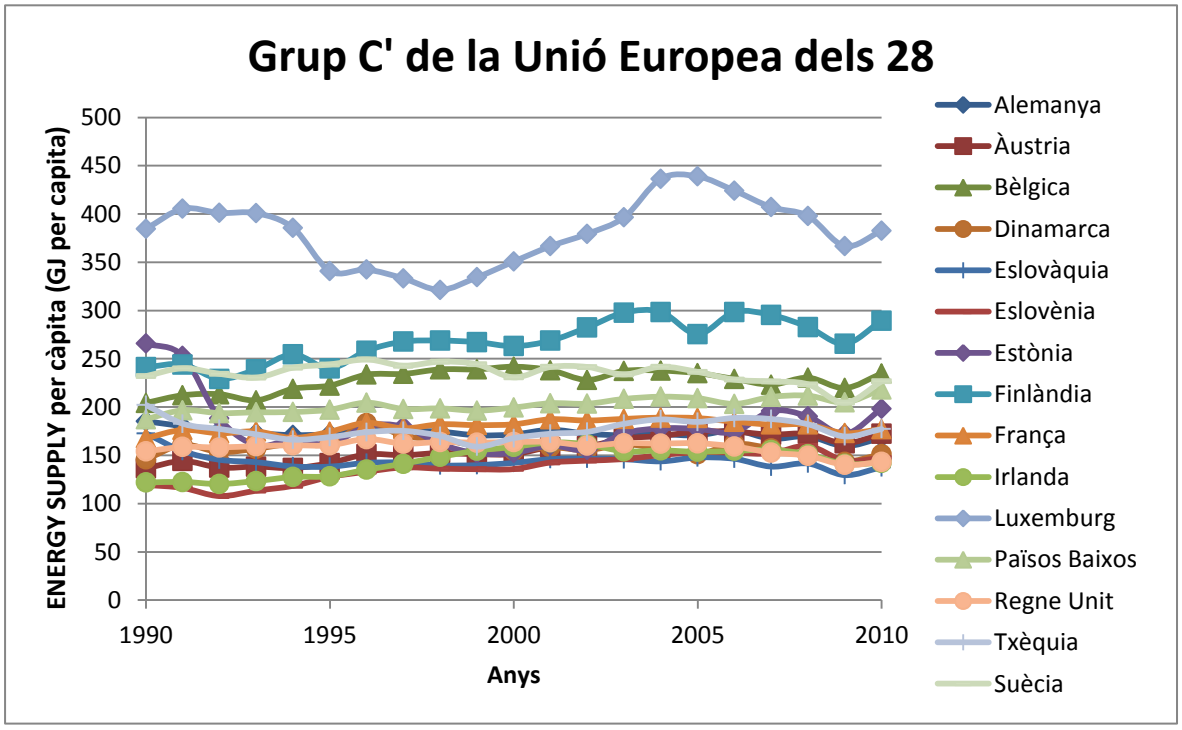
3.2.1. Generalitats

El primer punt a tractar és la separació en dos grans grups pel que fa a ENERGY SUPPLY per càpita. El primer grup, el C', està format per tots els països amb un valor de subministrament energètic superior als 125 Giga Joules per càpita l'any 2010. El altre grup, el D', estarà format per la resta de països, és a dir, amb els que tinguin un consum d'energia inferior als 125 GJ l'any 2010.

Formen el grup C' els següents països:

Grup C'
Alemanya
Àustria
Bèlgica
Dinamarca
Eslovàquia

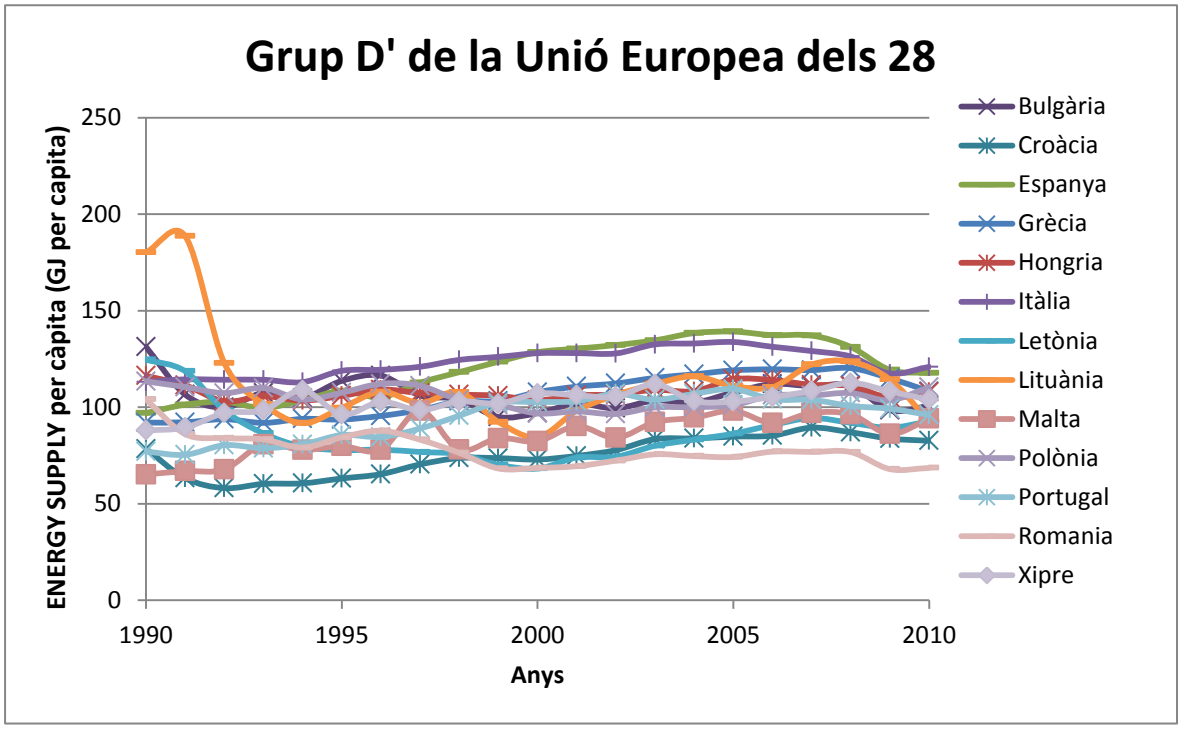
Eslovènia
Estònia
Finlàndia
França
Irlanda
Luxemburg
Països Baixos
Regne Unit
Txèquia
Suècia



El segon bloc de països corresponents al grup D' són els següents:

Grup D'
Bulgària
Croàcia
Espanya
Grècia
Hongria
Itàlia
Letònia

Lituània
Malta
Polònia
Portugal
Romania
Xipre



Podem afirmar que mes o menys un 80% dels països de la Unió Europea es mantenen en el mateix grup en els dos casos estudiats, tant en el GDP per càpita com en el consum d'energia. Per tant, hi ha una relació entre el GDP per persona i el subministrament energètic de cada país, tal i com també hem pogut veure anteriorment al parlar del TOP 15.

3.2.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 20 anys

Per veure la tendència dels darrers anys de cada país s'elabora una taula del pendent de cada país per al període comprés entre 1990 i 2010. Esta ordenat de major a menor pendent.

País	Pendent període 1990-2010 (GJ per càpita/anys)
Finlàndia	2,88
Eslovènia	2,17
Àustria	2,04
Espanya	1,88
Irlanda	1,67
Grècia	1,58
Portugal	1,51
Luxemburg	1,41
Malta	1,36
Croàcia	1,35
Països Baixos	1,07
Bèlgica	0,98
Itàlia	0,76
Xipre	0,76
França	0,55
Txèquia	0,12
Hongria	0,09
Polònia	-0,31
Bulgària	-0,41
Dinamarca	-0,44
Regne Unit	-0,54
Letònia	-0,57
Alemanya	-0,59
Eslovàquia	-0,66
Suècia	-0,88
Romania	-0,99
Estònia	-1,36
Lituània	-1,51

Hi ha un conjunt de països on aquest valor de consum creix però s'ha estabilitzat durant aquests anys. Aquests països són els següents:

Països amb estabilització d'Energy Supply anys 1990-2010
Hongria
Txèquia
França
Xipre
Itàlia

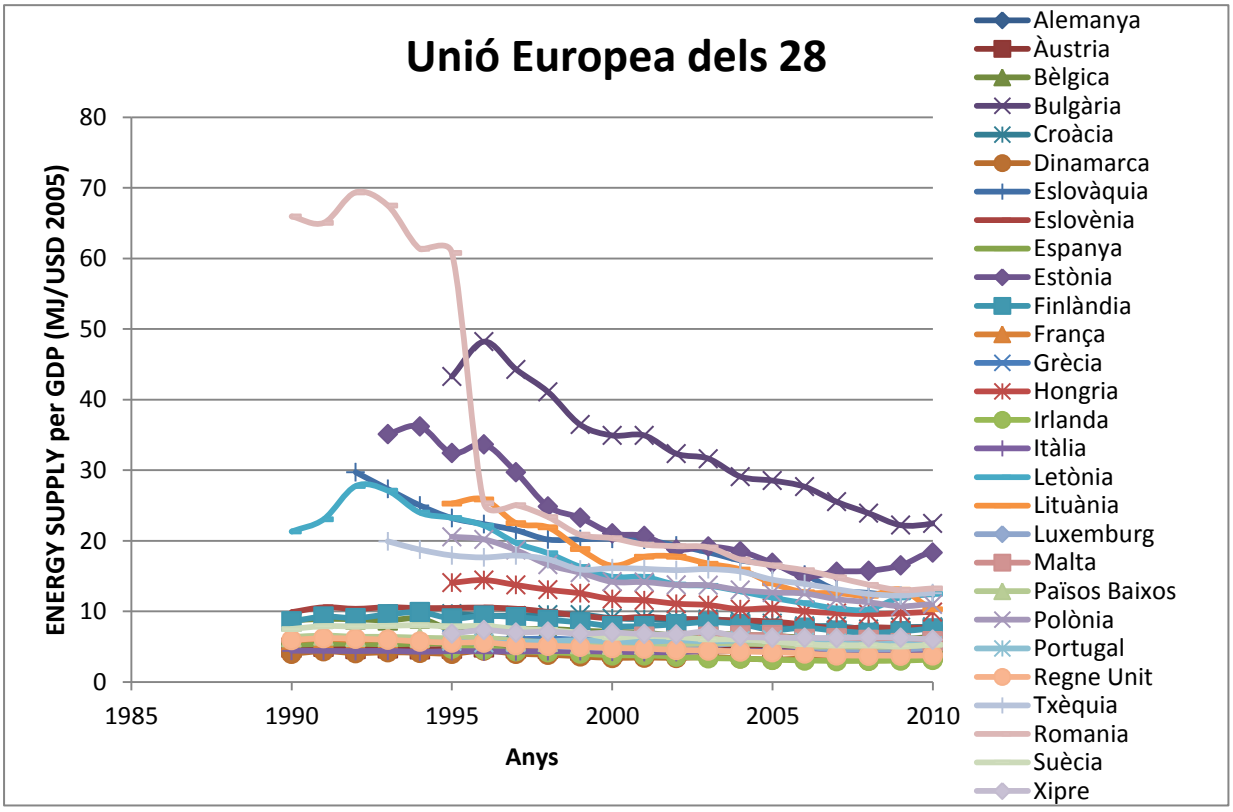
Els següents països són en els quals el subministrament energètic en els darrers 20 anys va a la baixa:

Països amb disminució d'Energy Supply anys 1990-2010
Polònia
Bulgària
Dinamarca
Regne Unit
Letònia
Alemanya
Eslovàquia
Suècia
Romania
Estònia
Lituània

La resta de països de la Unió Europea dels 28 disposen de una tendència de creixement pel que fa al consum d'energia.

Països amb creixement d'Energy Supply anys 1990-2010
Finlàndia
Eslovènia
Àustria
Espanya
Irlanda
Grècia
Portugal
Luxemburg
Malta
Croàcia
Països Baixos
Bèlgica

3.3. ENERGY SUPPLY per GDP o INTENSITAT ENERGÈTICA



3.3.1. Generalitats

La primera observació que es pot fer és la tendència general al decreixement en la intensitat energètica. Tots els països que formen la Unió Europea dels 28 disminueixen el seu ENERGY SUPPLY per GDP al llarg dels anys.

Com en el cas dels països que formen el TOP-15, en els països de la Unió Europea hi ha un comportament similar pel que fa al intercanvi de papers entre els dos grans blocs de països en les gràfiques de GDP i ENERGY SUPPLY, ambdues analitzades per càpita, i la gràfica mostrada en aquest apartat que estudia el ENERGY SUPPLY per GDP.

En les altres dos variables estudiades precedentment els països del grup C es trobaven a la part alta de la gràfica i aquests eren els països més desenvolupats i amb més recursos de la Unió Europea dels 28, mentre que en la part baixa es trobaven els del grup D, on s'ubicaven els països més "pobres" de la referida.

En aquesta última gràfica analitzada, els països amb menys recursos de la UE dels 28 es troben en la part superior de la gràfica mentre que els països amb més avanç tecnològic i amb més recursos del vell continent es troben situats a la part de baix de la gràfica de consum energètic en funció del GDP.

Un altre fet observable en la gràfica del ENERGY SUPPLY per GDP és que exceptuant dos països, Bulgària i Estònia, la resta actualment tenen una intensitat energètica per sota de 15 MJ/USD-2005.

3.3.2. Estudi del pendent: Anàlisi de l'evolució en els últims 15 anys

Com en els altres casos, analitzarem els pendents dels 28 països de la Unió Europea per veure millor la tendència d'aquests en els darrers 15 anys. La taula següent està endreçada de major a menor.

País	**Pendent període 1995-2010 (MJ/USD 2005/anys)**
Itàlia	-0,016
Portugal	-0,023
Àustria	-0,025
Malta*	-0,04
Espanya	-0,043
França	-0,064
Luxemburg	-0,065
Països Baixos	-0,067
Dinamarca	-0,072
Xipre	-0,075
Alemanya	-0,086
Grècia	-0,086
Bèlgica	-0,11
Irlanda	-0,12
Regne Unit	-0,13
Finlàndia	-0,14
Croàcia	-0,15
Suècia	-0,20
Eslovènia	-0,21
Hongria	-0,33
Txèquia	-0,39
Polònia	-0,62
Eslovàquia	-0,76

Letònia	-0,77
Lituània	-0,96
Estònia	-1,11
Bulgària	-1,66
Romania	-1,67

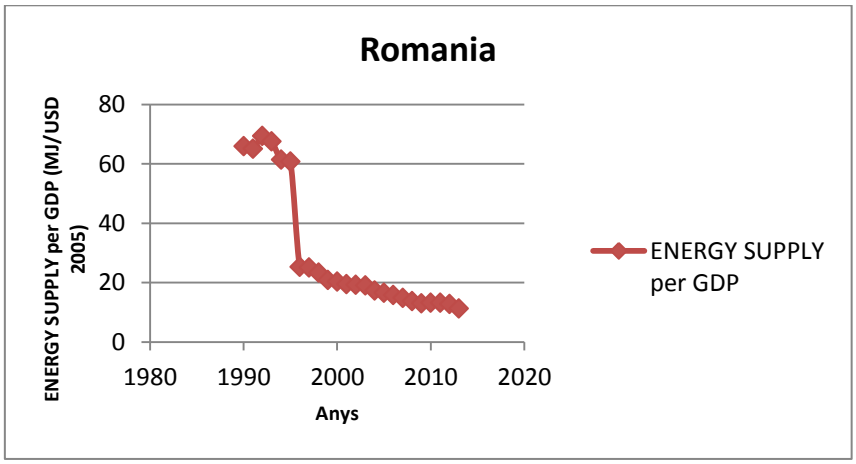
**El pendent de Malta compren únicament els 10 anys que van del 2000 al 2010 degut a falta de dades de GDP abans del segle XXI.*

Podem apreciar en la taula de pendents com tots els països de la Unió Europea estan reduint la seva intensitat energètica any rere any, ja que tots els pendents d'aquests països són negatius en els darrers 15 anys.

3.3.3. Identificació de tendències significatives i hipòtesis de les seves causes

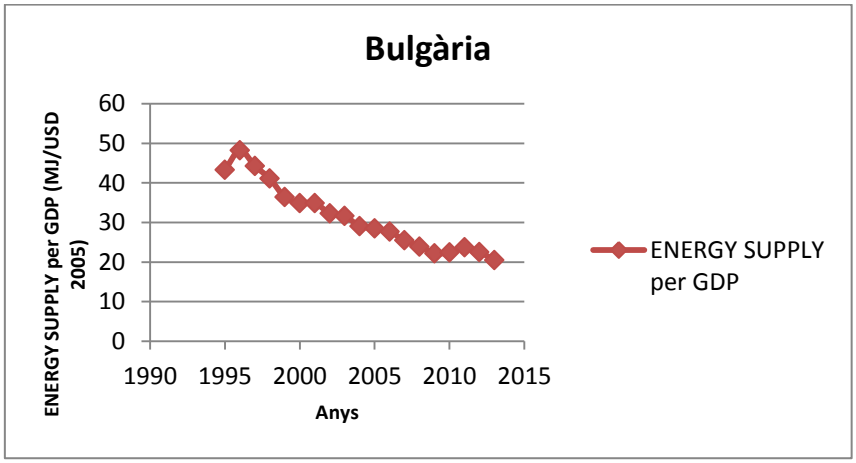
3.3.3.1. Romania

El cas de Romania és molt significatiu. La gran caiguda en la intensitat energètica romanesa ocorreguda de l'any 1995 al 1996 no ve ocasionada degut a una millora en la eficiència i l'estalvi energètic per cada unitat de producció, sinó que es dóna gràcies al gran augment del GDP per càpita de Romania durant aquests anys. Aquest creixement sobtat, com hem dit en anterioritat en el apartat de GDP per càpita de la UE dels 28, es ocasionat per l'obertura de mercats, el lliure comerç i la desaparició dels alts aranzels imposats pels Estats Units arran de diversos acords firmats als inicis dels 90 entre el govern romanes i algunes institucions internacionals per trencar el tracte de favor existent amb el país nord-americà.



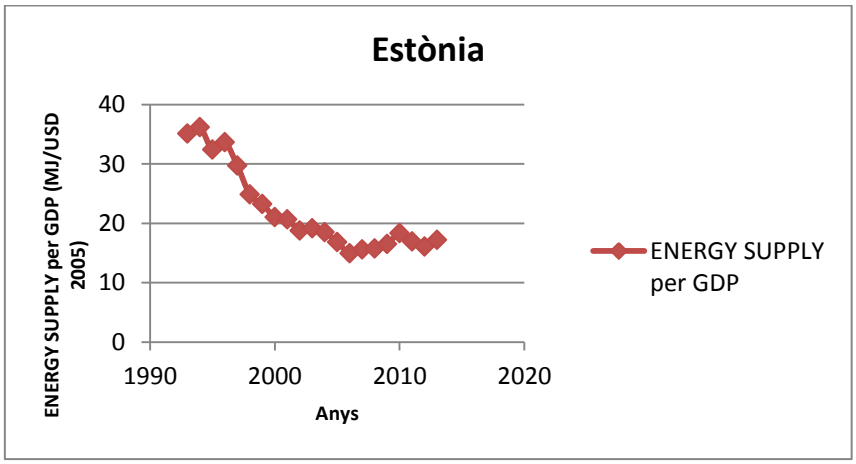
3.3.3.2. Bulgària

Bulgària és un altre indret on la evolució de la intensitat energètica varia substancialment respecte a la resta de països membres de la Unió Europea dels 28. La seva intensitat energètica passa de gairebé 50 a 20 MJ/USD-2005 en un període de 20 anys. Aquesta baixada del ENERGY SUPPLY per GDP ve ocasionada per una millora en la eficiència energètica, però sobretot per un augment constant i desmesurat del GDP per càpita, doblant el seu valor en aquests darrers 20 anys.



3.3.3.3. Estònia

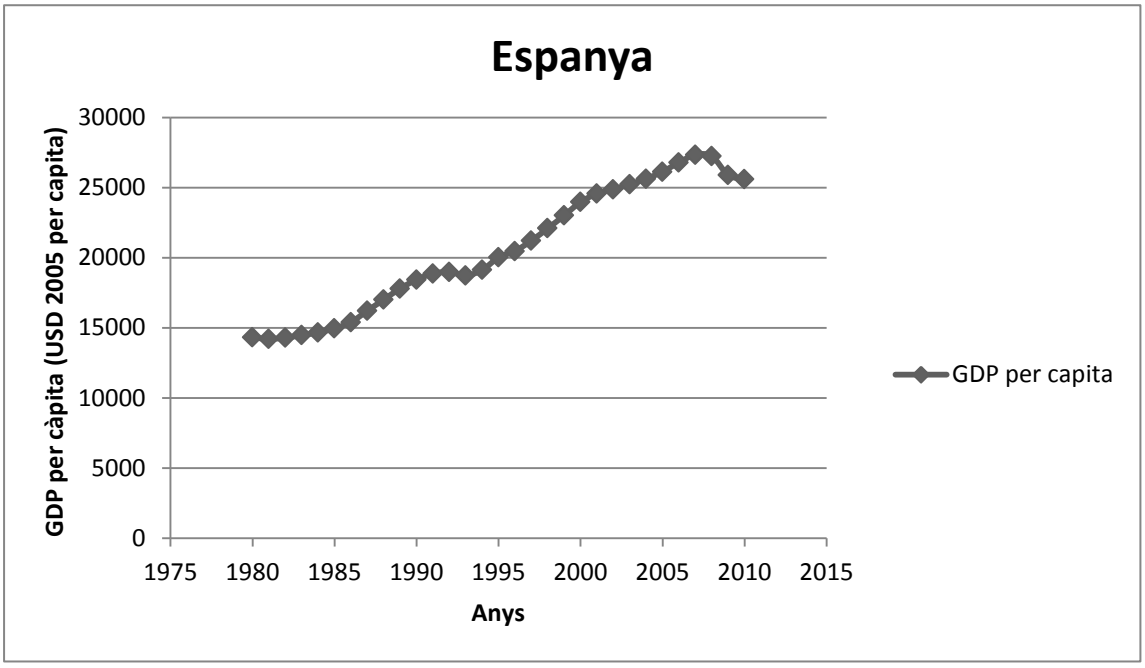
Estònia és un país que es comporta de la mateixa manera que els darrers dos països analitzats. La seva gran davallada en la intensitat energètica és més deguda al augment del GDP per càpita en els darrers anys, xifra que s'ha triplicat, que a una millora de l'estalvi i la eficiència energètica. El seu GDP augmenta des de 4500 USD-2005 fins uns 12500 USD-2005 l'any 2007, i lligat a estes xifres la intensitat energètica descendeix de 36 a 16 MJ/USD-2005.


Estònia
ENERGY SUPPLY per GDP (MJ/USD 2005)
40
30
20
10
0
1990
2000
2010
2020
Anys
ENERGY SUPPLY per GDP

4.- CAPÍTOL 4: ANÀLISI D'ESPANYA I CATALUNYA.

4.1. GDP per càpita

4.1.1. Espanya



Pel que fa el GDP per càpita, Espanya ha passat de 14000 USD-2005 l'any 1980 als 27500 USD-2005 l'any 2008, tot i que en els darrers anys aquest valor s'ha vist reduït degut a l'esclat de la crisi econòmica mundial del 2008. Es troba situada en vint-i-novè lloc en la classificació mundial per països, tot i que en termes absoluts el seu GDP es força elevat i situa el país com una de les potències mundials, tretzè en el ranking.

En la gràfica adjuntada a la part de sobre es poden apreciar dos anomalies en el GDP per càpita espanyol.

La primera raresa que s'observa és la frenada que el creixement del GDP sofreix durant els anys 1992-1994. L'any 1992, els països membres de la Unió Europea van signar el Tractat de Maastricht, o també anomenat Tractat de la Unió, el qual va entrar en vigor l'any següent i les seves mesures principals consistien en el control de la inflació i del dèficit públic.

La economia espanyola no havia fet res més que créixer de forma desmesurada des de meitat dels anys 80, fins que a meitat 1992 va entrar en recessió degut entre altres motius a la signatura d'aquest tractat d'àmbit europeu. La desocupació va arribar fins el 20%, arribant al seu màxim l'any 1994.

A partir de 1995 i fins l'any 2007 Espanya va entrar en una fase expansiva i de creixement continu on el seu GDP (PIB) va créixer un 3,5% de mitja cada any. Els factors principals d'aquesta crescuda són:

- En primer lloc, la unificació monetària de la zona euro, iniciada el 1992 amb la signatura del Tractat de la Unió. Aquesta instauració va provocar una caiguda en el tipus d'interès, l'augment del crèdit i l'increment de la demanda de habitatges i bens de consum. Tots aquests fets han rebut el nom de bombolla immobiliària.

- La segona causa del creixement del GDP d'Espanya durant el període comprès entre 1995 i 2007 és la arribada desmesurada d'immigrants atrets per la demanda d'ocupació en el sector de la construcció i en el sector de la hostaleria i el servei domèstic. Aquesta entrada de població va provocar un augment del consum i un impuls a la inversió espanyola.

La segona anomalia que es pot veure en el gràfic del GDP és la provocada per la crisi econòmica que va esquitxar tot el món l'any 2008. En el gràfic s'aprecia com a partir del 2008 la economia d'Espanya sofreix una davallada en el seu creixement.

L'origen de la crisi econòmica a Espanya és una barreja entre els propis problemes de l'economia espanyola i la forta influència externa de la crisi financera mundial.

Els problemes de l'economia espanyola es resumeixen en una gran dependència del sector de la construcció en el GDP espanyol i l'esclat de la bombolla immobiliària l'any 2008, a més a més d'una baixa productivitat i competitivitat degut al limitat R+D+i i al baix ús de tecnologia punta del estat espanyol en comparació d'altres països avançats.

Els factors externs que van afectar Espanya per ocasionar la crisi econòmica del 2008 van ser la forta contenció de crèdit bancari provocada per la crisi de les hipoteques subprime als Estats Units, les pujades del tipus d'interès i l'alça en els preus del petroli i matèries primeres.

Espanya, com la majoria de països desenvolupats, té uns trets característics pel que fa a l'economia per sectors i l'aportació de cada un d'aquests al GDP total del país. El sector terciari és el principal sector del país, seguit del secundari i del primari.

El sector primari (l'agricultura) representa solament el 2,8% del GDP del país, el sector secundari (la industria) suposa el 23,3% del PIB total del estat i el sector terciari (els serveis) aporta el valor que falta per arribar al total, és a dir, el 73,9%. Aquestes xifres, totes referents a l'any 2013, mostren com Espanya és un país del primer món degut a que la principal aportació a l'economia del país són els serveis.

4.1.2. Catalunya

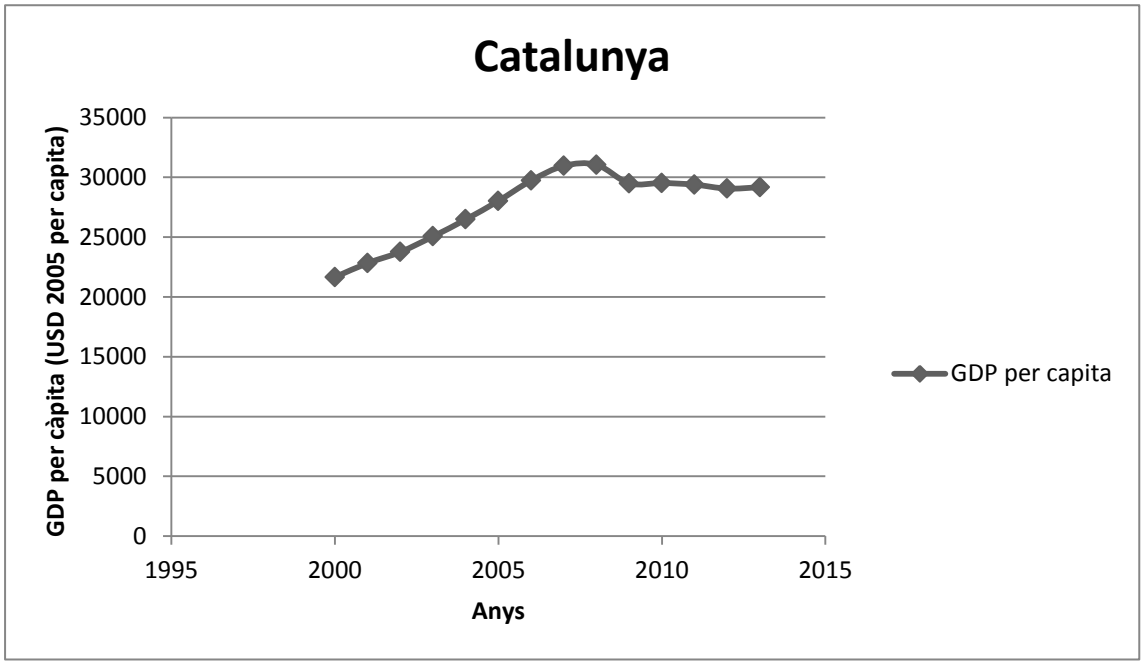
L'economia de Catalunya és actualment la més gran de totes les comunitats autònomes de l'estat espanyol, aportant el 18,8% del GDP total d'Espanya. Pel que fa a GDP per càpita, Catalunya es situa en quarta posició per darrera de la comunitat de Madrid, Navarra i Euskadi i amb un GDP per càpita per sobre de la mitjana espanyola i la mitjana europea.

A continuació s'adjunta una taula i una gràfica amb la evolució que ha sofert el GDP per càpita de Catalunya des de l'any 2000 fins el 2013.

Any	**GDP per càpita (USD-2005 per càpita)**
2000	21660
2001	22830
2002	23763
2003	25061
2004	26480
2005	28031
2006	29733
2007	30961
2008	31051
2009	29501

2010	29530
2011	29389
2012	29059
2013	29175

**Les dades del GDP per càpita de Catalunya s'han extret del Idescat.*



En la gràfica del GDP per càpita de Catalunya es pot apreciar com a partir de l'any 2008, amb l'esclat de la crisi econòmica mundial, la progressió que duia el valor del GDP per càpita es veu frenat i arran d'aquest fet disminueix paulatinament any rere any.

Com en el cas d'Espanya, Catalunya es un indret desenvolupat i que forma part dels països del primer món.

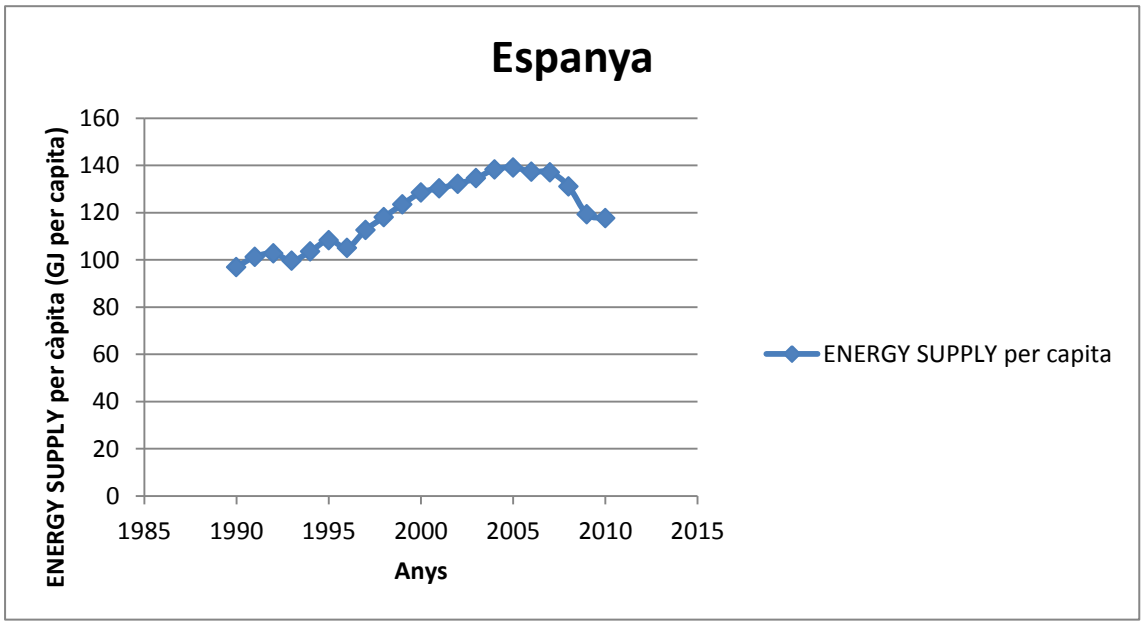
A continuació es mostra l'aportació de cada sector en el GDP català l'any 2014.

Sector	**GDP (milions d'USD-2005)**	**% del GDP**
Agricultura	1898	0,93
Industria i Construcció	51347	25,3
Serveis	149898	73,77

**Valors de GDP lliures d'impostos extrets del Idescat.*

4.2. ENERGY SUPPLY per càpita

4.2.1. Espanya



En la gràfica superior s'aprecia com el consum energètic del estat espanyol sempre ha anat en augment fins arribar als 140 GJ per càpita l'any 2008. A partir d'aquest any, arran de la crisi econòmica que va esquitxar tot el món, el valor del subministrament d'energia es veu afectat i es va reduit al pas dels anys fins situar-se l'any 2010 al voltant dels 120 GJ per càpita.

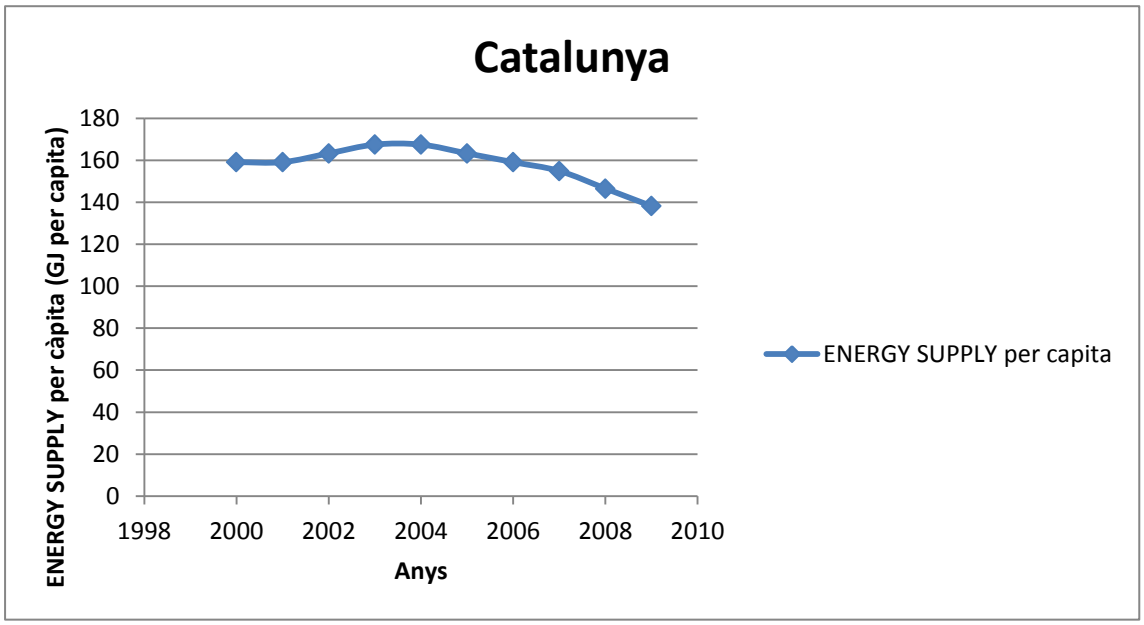
4.2.2. Catalunya

Seguidament s'adjunta la taula i la gràfica de l'evolució del consum d'energia per càpita de Catalunya des de l'any 2000 fins el 2009.

Any	Energy Supply per càpita (GJ per càpita)
2000	159
2001	159
2002	163
2003	167
2004	167
2005	163
2006	159
2007	154

2008	147
2009	138

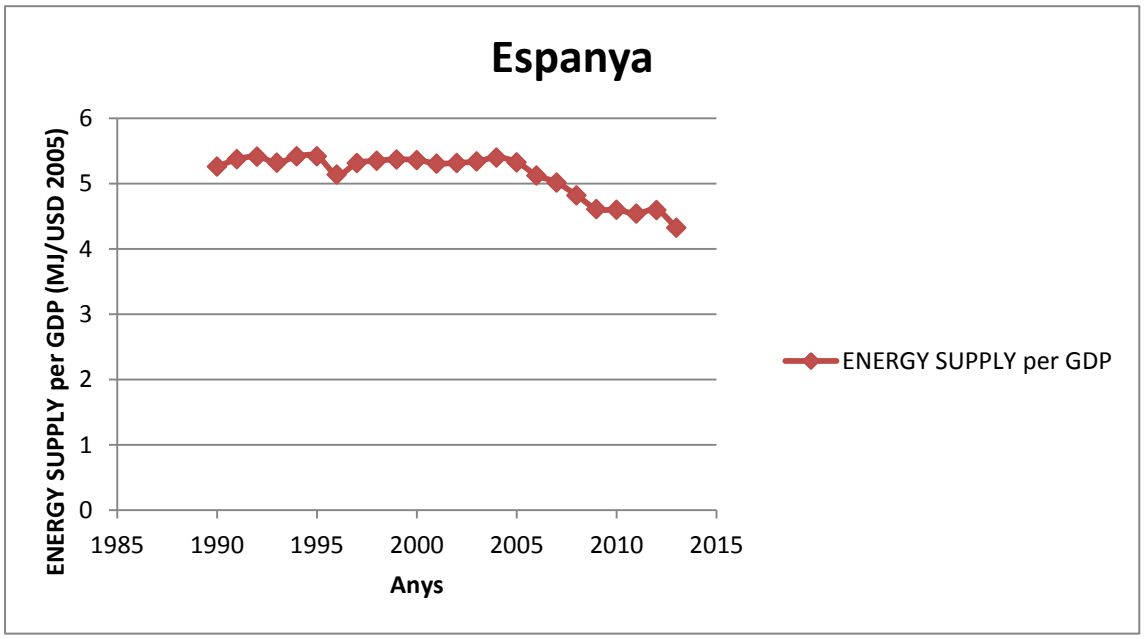
**Les dades del Energy Supply per càpita de Catalunya s'han extret del Idescat.*



Es pot apreciar en la gràfica de sobre com abans de la crisi econòmica mundial del 2008 el valor del Energy Supply per càpita català es trobava sempre al voltant dels 160 GJ per càpita, mentre que en el darrer any que es disposa de dades (2009) ja es pot apreciar l'efecte de la crisi degut a la caiguda del consum d'energia per càpita a Catalunya en aquell mateix any, situant-se en una xifra de 140 GJ per càpita aproximadament.

4.3. ENERGY SUPPLY per GDP o INTENSITAT ENERGÈTICA

4.3.1. Espanya



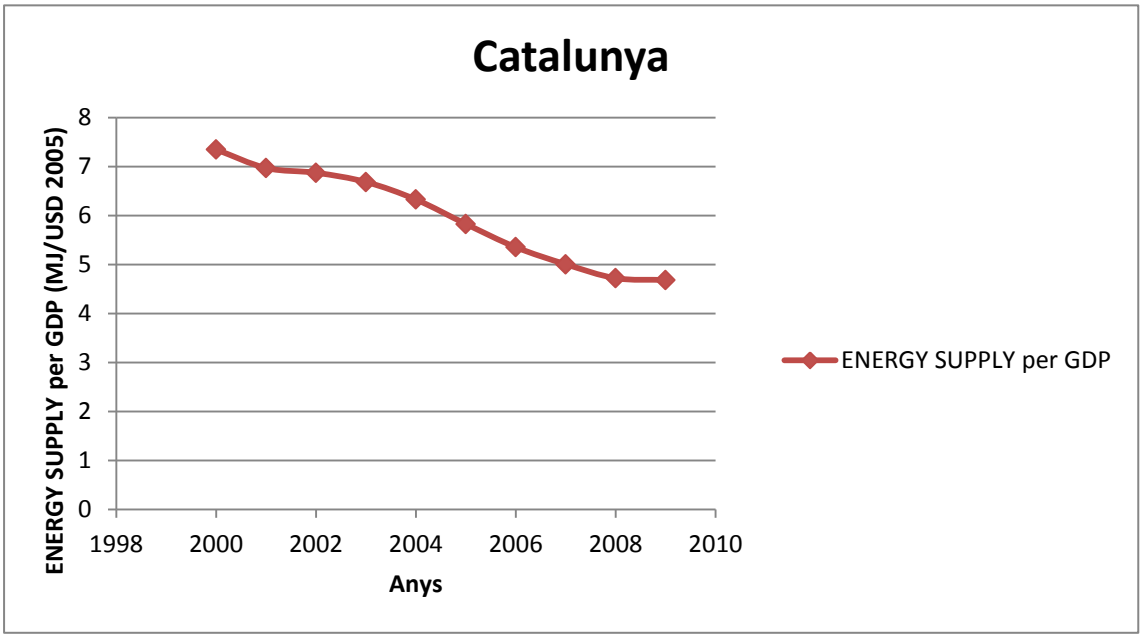
En la gràfica del Energy Supply per GDP d'Espanya es pot observar com en l'estat espanyol el valor de la intensitat energètica s'ha mantingut gairebé constant des dels incis dels 90 fins el 2005, al voltant dels 5,3 MJ/USD-2005. A partir del any 2005, el valor d'aquesta intensitat energètica comença a disminuir fins situar-se als 4,3 MJ/USD-2005 l'any 2013. El descens de la intensitat energètica al voltant d'un punt en els darrers anys té la seva explicació amb la millora en les infraestructures del país per tal de produir en una major eficiència energètica.

4.3.2. Catalunya

Com en les dos variables analitzades anteriorment, s'adjunta la taula i la gràfica de l'evolució soferta per la intensitat energètica de Catalunya des de l'any 2000 fins el 2009.

Any	Energy Supply per GDP (MJ/USD-2005)
2000	7,35
2001	6,97
2002	6,87
2003	6,68
2004	6,32
2005	5,83
2006	5,35
2007	5,00
2008	4,72
2009	4,68

**Les dades de la Intensitat Energètica de Catalunya s'han extret del Idescat.*



En la gràfica de la intensitat energètica de Catalunya s'aprecia com en els darrers any s'ha instaurat l'estalvi i l'eficiència energètica per cada unitat de producció i es veu com hi ha un clar descens d'aquesta variable a partir de l'any 2003.

4.4. Hipòtesi per a la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle a Espanya i Catalunya

En aquestes alçades del treball, un cop vistes i analitzades en profunditat les diferents variables implicades, és interesant plantejar una hipòtesi sobre si seria possible reduir en un percentatge determinat les emissions d'efecte hivernacle l'any 2050 respecte les emeses l'any 2010 a Espanya i Catalunya.

Abans de començar, s'explicarà breument les variables implicades en la equació.

$$Emissions = \frac{Emissions}{Consum\ d'energia} \cdot \frac{Consum\ d'energia}{GDP} \cdot \frac{GDP}{Persona} \cdot Població$$

- *Emissions/Consum d'energia*

  Aquesta variable fa referència al nombre d'emissions de efecte hivernacle que s'emeten per cada unitat de consum d'energia.

  Les dades de emissions de gasos d'efecte hivernacle per a Espanya i Catalunya són les següents:

Territori	**Emissions de gasos d'efecte hivernacle 2010 ($MtCO_2$)**
Espanya	269,67
Catalunya	47,41

Pel que fa al consum d'energia, les dades que disposem són les següents:

Territori	**Energy Supply 2010 (EJ)**
Espanya	5,44
Catalunya	0,89*

**El valor del consum d'energia de Catalunya pertany al darrer any disponible al Idescat, el 2009.*

Amb les dos variables separades, podem determinar el valor que ens servirà per a la nostra equació:

Territori	Emissions/Consum d'energia 2010 (MtCO2/EJ)
Espanya	49,57
Catalunya	53,27

- *Consum d'energia/GDP*

  Aquesta segona variable ja l'hem analitzat al llarg del treball i és l'anomenada intensitat energètica. Com en anterioritat ja hem calculat els valors d'aquesta per als dos indrets que ens fan falta per aquest apartat del projecte, procedirem a mostrar-los en una taula a continuació.

Territori	Consum d'energia/GDP 2010 (MJ/USD-2005)
Espanya	4,59
Catalunya	4,68

- *GDP/Persona*

  La següent variable és el GDP per càpita. En aquest cas ja disposem dels valors corresponents a Espanya i Catalunya pel fet d'haver tractat amb ells al llarg dels apartats anteriors del treball. Els valors són els següents:

Territori	GDP/Persona 2010 (USD-2005/persona)
Espanya	25602,3
Catalunya	29529,5

- *Població*

  El nombre de persones que habitaven en tots dos indrets l'any 2010 són els següents:

Territori	**Població 2010 (persones)**
Espanya	46182038
Catalunya	7481935

4.4.1. Espanya

El primer pas és calcular el nombre total d'emissions de gasos d'efecte hivernacle que va emetre Espanya l'any 2010. Per calcular aquesta xifra, ens recolzarem amb els valors calculats en l'apartat anterior de les variables que intervenen en la equació que calcula el volum de emissions.

En el cas de Espanya, resumint-ho tenim el següent:

Espanya 2010	
Emissions/Consum d'energia	49,57 $MtCO_2$/EJ
Consum d'energia/GDP	4,59 MJ/USD-2005
GDP/Persona	25602,3 USD-2005/persona
Població	46182038 persones

$$Emissions = \frac{Emissions}{Consum\ d'energia} \cdot \frac{Consum\ d'energia}{GDP} \cdot \frac{GDP}{Persona} \cdot Població$$

$$Emissions = 49{,}57\ \frac{MtCO_2}{EJ} \cdot 4{,}59 \frac{MJ}{USD-2005} \cdot 25602{,}3 \frac{USD-2005}{persona} \cdot 46182038\ pers.$$

$$Emissions = 269{,}02\ MtCO_2$$

Per tant, Espanya va emetre l'any 2010 una quantitat total de gasos d'efecte hivernacle de 269,02 $MtCO_2$.

Si volem reduir les emissions de gasos de efecte hivernacle un 60% el 2050 respecte les emeses el 2010, el resultat és el següent:

$$Reducció\ del\ 60\%\ emissions\ 2010 = \left(1 - \frac{60}{100}\right) \cdot 269{,}02 = 107{,}61 MtCO_2$$

Amb la nostra hipòtesi de reduir en un 60% les emissions de gasos d'efecte hivernacle respecte les emeses l'any 2010, Espanya haurà de emetre solament 107,61 $MtCO_2$ el 2050.

Per tal d'arribar a aquesta xifra i per l'evolució donada fins ara podem plantejar el supòsit de que a l'any 2050 la població espanyola augmentarà un 5%, el GDP per càpita augmentarà un 10% respecte el seu valor del 2010, la intensitat energètica es reduirà un 15% i la variable que s'haurà de reduir considerablement per arribar al nostre propòsit és l'emissió de gasos de efecte hivernacle respecte el consum.

Espanya 2050

Emissions/Consum d'energia	? $MtCO_2$/EJ
Consum d'energia/GDP	3,90 MJ/USD-2005
GDP/Persona	28162,53 USD-2005/persona
Població	48491140 persones
Emissions	107,61 $MtCO_2$

$$Emissions = \frac{Emissions}{Consum\ d'energia} \cdot \frac{Consum\ d'energia}{GDP} \cdot \frac{GDP}{Persona} \cdot Població$$

$$107{,}61\ MtCO_2 = ?\ \frac{MtCO_2}{EJ} \cdot 3{,}90 \frac{MJ}{USD-2005} \cdot 28162{,}53 \frac{USD-2005}{persona} \cdot 48491140\ pers.$$

$$\frac{Emissions}{Consum\ d'energia} = 20{,}21\ \frac{MtCO_2}{EJ}$$

Per tal d'aconseguir el propòsit inicial de reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle del 2010 en un 60% l'any 2050 al territori espanyol, la variable Emissions/Consum d'energia haurà de passar de 49,57 $MtCO_2$/EJ l'any 2010 a una xifra de 20,21 $MtCO_2$/EJ l'any 2050, és a dir, reduint-se al voltant d'un 60%.

4.4.2. Catalunya

Com en el cas del estat espanyol, el primer que s'ha de fer és calcular el nombre total d'emissions de gasos d'efecte hivernacle que es van emetre a Catalunya l'any 2010. Per calcular aquest valor, ens ajudarem dels valors calculats en el primer punt d'aquest apartat del treball de les variables que intervenen en la equació que calcula el volum de emissions.

En el cas de Catalunya, en la taula següent es poden veure les dades que disposem:

Catalunya 2010	
Emissions/Consum d'energia	53,27 $MtCO_2$/EJ
Consum d'energia/GDP	4,68 MJ/USD-2005
GDP/Persona	29529,5 USD-2005/persona
Població	7481935 persones

$$Emissions = \frac{Emissions}{Consum\ d'energia} \cdot \frac{Consum\ d'energia}{GDP} \cdot \frac{GDP}{Persona} \cdot Població$$

$$Emissions = 53{,}27\ \frac{MtCO_2}{EJ} \cdot 4{,}68 \frac{MJ}{USD-2005} \cdot 29529{,}5 \frac{USD-2005}{persona} \cdot 7481935\ pers.$$

$$Emissions = 55{,}08\ MtCO_2$$

Per tant, Catalunya va emetre l'any 2010 un volum total de gasos d'efecte hivernacle de 55,08 $MtCO_2$.

Si volem reduir les emissions de gasos de efecte hivernacle un 60% el 2050 respecte les emeses el 2010, el resultat és el següent:

$$Reducció\ del\ 60\%\ emissions\ 2010 = \left(1 - \frac{60}{100}\right) \cdot 55{,}08 = 22{,}03\ MtCO_2$$

Amb la nostra hipòtesi de reduir en un 60% les emissions de gasos d'efecte hivernacle respecte les emeses l'any 2010, Catalunya haurà de emetre l'any 2050 22,03 $MtCO_2$ de gasos d'efecte hivernacle.

Com en el cas d'Espanya, per poder arribar a aquest valor es suposarà que l'any 2050 la població catalana augmentarà un 5%, el GDP per càpita augmentarà un 10% respecte el 2010 i la intensitat energètica es reduirà en un 15%. Per tant, la única variable que podem modificar és les emissions de gasos d'efecte hivernacle respecte el consum d'energia.

Catalunya 2050

Emissions/Consum d'energia	? $MtCO_2$/EJ
Consum d'energia/GDP	3,98 MJ/USD-2005
GDP/Persona	32482,45 USD-2005/persona
Població	7856032 persones
Emissions	22,03 $MtCO_2$

$$Emissions = \frac{Emissions}{Consum\ d'energia} \cdot \frac{Consum\ d'energia}{GDP} \cdot \frac{GDP}{Persona} \cdot Població$$

$$22{,}03\ MtCO_2 = ?\ \frac{MtCO_2}{EJ} \cdot 3{,}98 \frac{MJ}{USD-2005} \cdot 32482{,}45 \frac{USD-2005}{persona} \cdot 7856032\ pers.$$

$$\frac{Emissions}{Consum\ d'energia} = 21{,}69\ \frac{MtCO_2}{EJ}$$

Per aconseguir l'objectiu inicial de reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle del 2010 en un 60% l'any 2050 a Catalunya, la variable Emissions/Consum d'energia haurà de passar de 53,27 $MtCO_2$/EJ l'any 2010 a un valor de 21,69 $MtCO_2$/EJ l'any 2050, és a dir, reduint-se al voltant d'un 60%.

4.4.3. Conclusions i idees per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle

Com s'ha dit en el primer bloc del treball, el consum d'energia primària provinent de energies no renovables, majoritàriament fonts energètiques procedents de combustibles fòssils i urani, no ha fet una altra cosa que augmentar amb un ritme desenfrenat fins els nostres dies. De fet les dades són clares i preocupants, aproximadament un 85% de la energia primària consumida al planeta terra prové de fonts no renovables, mentre que el 15% restant ho aporta, evidentment, les energies renovables.

Que signifiquen aquestes dades de consum d'energia?

El primer que volen dir és que s'està accelerant l'esgotament de les reserves de fonts no renovables, com poden ser els pous de petroli i gas natural, les canteres de carbó... i la fi dels recursos naturals provinents del sòl està més pròxim del que molts governs, institucions i multinacionals del sector pensen, la incògnita és quin any en concret serà el darrer que disposarem de petroli, gas natural, carbó i urani.

El segon significat, més relacionat amb aquest apartat del treball, és el fet de que un major consum d'energies provinents de fonts no renovables significa, de retruc, un augment de les emissions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera.

Llavors, si la humanitat cada any que passa augmenta el consum d'energies procedents de fonts no renovables i la seva dependència sobre elles és cada cop més gran, com podem aconseguir el propòsit que ens hem marcat de reduir en un 60% l'any 2050 les emissions de gasos d'efecte hivernacle respecte el 2010?

La solució al problema actual, tot i ser molt fàcil, moltes vegades no és acceptada per la gran majoria de les elits polítiques mundials: apostar per les fonts energètiques renovables. Actualment, l'ús d'energia primària procedent d'aquestes energies renovables es situa al voltant del 15% a nivell mundial. Per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle i alhora poder allargar l'ús de les fonts no renovables disponibles en el subsòl, incrementar la utilització d'energies renovables i elevar el percentatge d'aquestes en el còmput global de consums d'energies primàries és la millor opció.

Dintre d'aquestes energies renovables es troba la hidroelèctrica que en la majoria de països ja està ben arrelada i ja no disposa de gaire potencial per millorar i augmentar el consum que se'n fa d'ella. L'any 2008 el seu percentatge dintre del consum d'energia primària mundial era de gairebé un 6%.

La resta de fonts d'energia renovables, anomenades anteriorment en aquest treball fonts elèctriques renovables, són la geotèrmica, la eòlica, la solar i la marítima. Tot i que en els darrers anys s'ha impulsat des de moltes institucions i governs la creació de centres generadors d'energia elèctrica procedent d'aquestes fonts, la veritat és que solament aporten al voltant del 1% de la energia primària consumida al món l'any 2008.

L'enginyer Ramon Sans Rovira, en el seu llibre *El col·lapse és evitable. La transició energètica del segle XXI (TE21)*, fa una proposta per substituir completament la utilització de les fonts no renovables per les renovables i poder arribar a aquest objectiu l'any 2050. En la transició energètica proposada en el seu llibre queda demostrat que el canvi a una dependència de les fonts renovables que ens ofereix el planeta terra és positiu ja que s'arribarà al nivell zero de emissions de gasos d'efecte hivernacle, amb la conseqüent millora en el medi ambient; i també ja que l'estalvi econòmic que suposa fer la transició energètica de no renovables a renovables per als països és molt elevat.

Un fet esperançador és la política energètica que ha establert la Unió Europea en general i Alemanya en particular.

La Unió Europea va fixar com un dels objectius energètics dels seus països membres poder assolir que el 20% del consum total d'energia sigui provinent de les energies renovables per a l'any 2020.

Pel que fa a Alemanya, als inicis del segle XXI el seu govern va signar una llei que preveia tancar totes les centrals nuclears del país després de 32 anys d'utilització, pel qual el 2020 Alemanya no disposaria de cap central nuclear en actiu. Tot i això, l'any 2010 el govern alemany va canviar aquesta llei per allargar uns quants anys més la vida útil de les centrals nuclears del país.

Per una altra part, Alemanya ha impulsat una política energètica a favor de les energies renovables en els darrers anys i ha donat els seus fruits ja que al començament de l'any 2012, més del 25% de la energia elèctrica subministrada a territori alemany procedia de energies renovables.

Per tant, per assolir l'objectiu de reduir la emissió de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera s'ha de fer un gir de 180 graus en la política energètica mundial i apostar ja d'una vegada per les energies renovables i impulsar el desenvolupament i la millora d'aquestes.

5.- CAPÍTOL 5: CONCLUSIONS.

5.1. Conclusions finals

L'esgotament de les reserves de combustibles fòssils i d'urani ja no és un fet discutible sinó una veritable i amenaçadora realitat. La nostra societat es proveeix, de manera altament majoritària, d'aquestes fonts energètiques per a sostenir-se i per a desenvolupar-se, motiu pel qual podem estimar que de seguir amb l'actual ritme de consums i de despesa energètica, ens podem trobar que a meitat del segle XXI aquests combustibles s'esgotaran irremeiablement. Fins ara, ja s'ha extret més de la meitat de les reserves inicialment existents al nostre planeta, i el ritme d'extracció i producció energètica no deixa d'augmentar en el pas dels anys. Les previsions són esfereïdores, d'aquí 75 anys ja no disposarem de petroli, ni de gas natural, ni de carbó ni d'urani.

Un altre fet remarcable és la gran desigualtat donada en la repartició de les fonts no renovables. Una dada significativa és que un petit grup de 10 països es concentra més del 73,7% de les reserves mundials de combustibles fòssils i d'urani, tot i que la suma de la població d'aquests països només suposa el 46,2% del total del món. A més es dona la circumstància de que la major part d'aquest països són indrets on la inestabilitat política és un factor sempre present, influent i sovint amb una indubtable repercussió negativa en la gestió mundial dels recursos energètics.

També es pot destacar la relació existent entre la riquesa d'un país i el seu consum energètic. El GDP per càpita i el consum d'energia són, en la majoria de casos, directament proporcionals, és a dir, al augmentar una variable augmenta l'altra, i gairebé sempre amb la mateixa proporció. Per a connectar aquestes dos dades relacionades i transformar-les en una sola hem utilitzat el concepte d'intensitat energètica. La intensitat energètica és una variable utilitzada per mesurar l'estalvi, la eficiència energètica i la sostenibilitat d'un indret. Un valor petit d'intensitat energètic significa una producció més eficient alhora que ens dona dades sobre el desenvolupament del país.

5.2. Conclusions més remarcables

De l'estudi de l'evolució de les tres variables analitzades per a tots els casos es pot afirmar el següent:

- Tant en el cas dels països que conformen el TOP-15 com en els 28 països de la Unió Europea el GDP per càpita té una tendència al alça en els darrers 20 anys.

- El consum d'energia per càpita també té una tendència al alça degut a la relació directa existent entre la variable GDP per càpita i el consum d'energia per càpita.

- Hi ha una correlació directa entre l'evolució del GDP per persona i certs esdeveniments polítics i/o econòmics que afecten la societat mundial, com pot ser el cas de la caiguda de l'antiga URSS, la crisi econòmica mundial del 2008, guerres territorials i crisis econòmiques locals...

- La intensitat energètica, donada en els darrers anys en la major part dels països, té una evolució decreixent degut a la millora en les infraestructures i al augment de l'eficiència energètica aconseguida en el desenvolupament humà.

- Tant en el cas dels TOP-15 com en el cas de la Unió Europea dels 28 s'aprecia una clara divisió en dos blocs d'estudi en el GDP per càpita i en el consum d'energia per càpita. Aquesta separació està fonamentada en el diferent nivell de desenvolupament i de riquesa donat en aquests grups de països.

- Els països que formen part del bloc amb major GDP per càpita, tant en el TOP-15 com en la UE dels 28, també són capdavanters en Energy Supply per càpita. Aquest fet es deu a que els països amb el GDP per càpita més elevat són també els que consumeixen més energia per seguir mantenint el seu nivell de desenvolupament.

5.3. Perspectives de futur

En el present treball s'ha presentat una hipòtesi orientada a la possible reducció, de fins a un 60%, de les emissions de gasos d'efecte hivernacle en territori espanyol i català tenint en compte les variables de GDP per càpita, població, intensitat energètica i emissions de gasos d'efecte hivernacle fruit del consum d'energia.

A pesar de la necessitat i de la importància de reduir, significativament, les emissions de gasos d'efecte hivernacle, l'única formula per poder allargar la vida dels combustibles fòssils és la substitució gradual de les energies no renovables per les renovables. Aquesta transició energètica, que més prompte o més tard ens veurem obligats a abordar, és l´opció actual més viable per al nostre futur. Apostar, decididament i més enllà de les despeses i els previsibles inconvenients, per les energies renovables i fer que tinguin, poc a poc, més aportació en el còmput global d'energia per a que, en el moment que s'esgotin les energies provinents del petroli, el gas natural, el carbó i l'urani, puguem continuar amb el nostre desenvolupament i amb el nivell de vida que precisa la nostra. societat moderna i tecnològica actual.

Sembla clar que, a no molt llarg termini, el futur de la humanitat s'haurà de centrar en altres recursos que també ens ofereix la terra i que són nets i infinits: el sol, el vent i l'aigua.

6.- CAPÍTOL 6: BIBLIOGRAFIA.

6.1. Referències bibliogràfiques

EUROSTAT. Disponible a:

- http://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home
- http://ec.europa.eu/eurostat/data/database

INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA (IDESCAT). Disponible a:

- http://www.idescat.cat/
- http://www.idescat.cat/cat/economia/ecoindust.html
- http://www.idescat.cat/cat/economia/ecomacro.html
- http://www.idescat.cat/cat/economia/ecoagrari.html
- http://www.idescat.cat/cat/societat/socmedi.html

THE WORLD BANK. Disponible a:

- http://www.worldbank.org/
- http://data.worldbank.org/indicator
- http://data.worldbank.org/indicator/all

RIBA ROMEVA, CARLES. *Recursos Energètics i Crisi, la fi de 200 anys irrepetibles*. Barcelona: Octaedro, 2011.

SANS ROVIRA, RAMON i PULLA ESCOBAR, ELISA. *El col·lapse és evitable. La transició energètica del segle XXI (TE21),* Barcelona: Octaedro, 2014.

6.2. Bibliografia de consulta

ROCA JUSMET, JORDI, i SALAET FERNÁNDEZ, STÉPHANE. *Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de CO_2: algunos possibles escenarios futuros de emisiones,* Departamento de Teoría Económica, Universidad de Barcelona, Barcelona.

UNDATA. Disponible a:

- http://data.un.org/Default.aspx
- http://data.un.org/Search.aspx?q=emissions

UNITED NATIONS. Disponible a :

- http://www.un.org/en/index.html
- http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel_population.htm

WIKIPEDIA: THE FREE ENCYCLOPEDIA.

- https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada
- https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
- http://ca.wikipedia.org/wiki/Portada

WORLD RESOURCES INSTITUTE. Disponible a:

- http://www.wri.org/

Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Pressupost

"ESTUDI, ANÀLISI I PROPOSTES PRÒPIES EN RELACIÓ A LA CRISI ENERGÈTICA QUE VIU LA HUMANITAT EN L'INICI DEL SEGLE XXI"

TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
per **Víctor Bartolomé Escudero**

Barcelona, 9 de Juny de 2015

Directora: Olga Alcaraz i Sendra
Departament de Física i Enginyeria Nuclear (FEN)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

PRESSUPOST

1.- Pressupost.

Com aquest treball és merament teòric, l'únic ítem que es considerarà en el pressupost són les hores destinades a la elaboració del treball com si fos un encàrrec a un enginyer que treballa a una consultoria energètica.

El temps destinat a la documentació, elaboració i redacció del treball és de unes 645 hores de feina, repartida entre començaments de desembre i finals de maig.

El salari d'un consultor energètic es situa al voltant dels 20 € l'hora.

Per tant, el pressupost serà:

Pressupost

Hores Feina	Preu Hora	Total
645 h	20 €	12900 €
	+ IVA (21%)	2709 €
	TOTAL	**15609 €**

Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Annexes

"ESTUDI, ANÀLISI I PROPOSTES PRÒPIES EN RELACIÓ A LA CRISI ENERGÈTICA QUE VIU LA HUMANITAT EN L'INICI DEL SEGLE XXI"

TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
per **Víctor Bartolomé Escudero**

Barcelona, 9 de Juny de 2015

Directora: Olga Alcaraz i Sendra
Departament de Física i Enginyeria Nuclear (FEN)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX ANNEXES

1. ANNEXES: GRÀFIQUES INDIVIDUALITZADES 132
1.1. Països del TOP-15 132
1.1.1. Xina 132
1.1.2. Estats Units 134
1.1.3. Unió Europea dels 28 135
1.1.4. Índia 137
1.1.5. Rússia 138
1.1.6. Japó 140
1.1.7. Iran 141
1.1.8. Corea del Sud 143
1.1.9. Canadà 144
1.1.10. Aràbia Saudita 146
1.1.11. Àfrica del Sud 147
1.1.12. Mèxic 149
1.1.13. Indonèsia 150
1.1.14. Brasil 152
1.1.15. Austràlia 153

1.2. Països de la Unió Europea dels 28 155
1.2.1. Alemanya 155
1.2.2. Àustria 157
1.2.3. Bèlgica 158
1.2.4. Bulgària 160
1.2.5. Croàcia 161
1.2.6. Dinamarca 163
1.2.7. Eslovàquia 164
1.2.8. Eslovènia 166
1.2.9. Espanya 167
1.2.10. Estònia 169
1.2.11. Finlàndia 170
1.2.12. França 172
1.2.13. Grècia 173
1.2.14. Hongria 175
1.2.15. Irlanda 176
1.2.16. Itàlia 178
1.2.17. Letònia 179
1.2.18. Lituània 181
1.2.19. Luxemburg 182
1.2.20. Malta 184

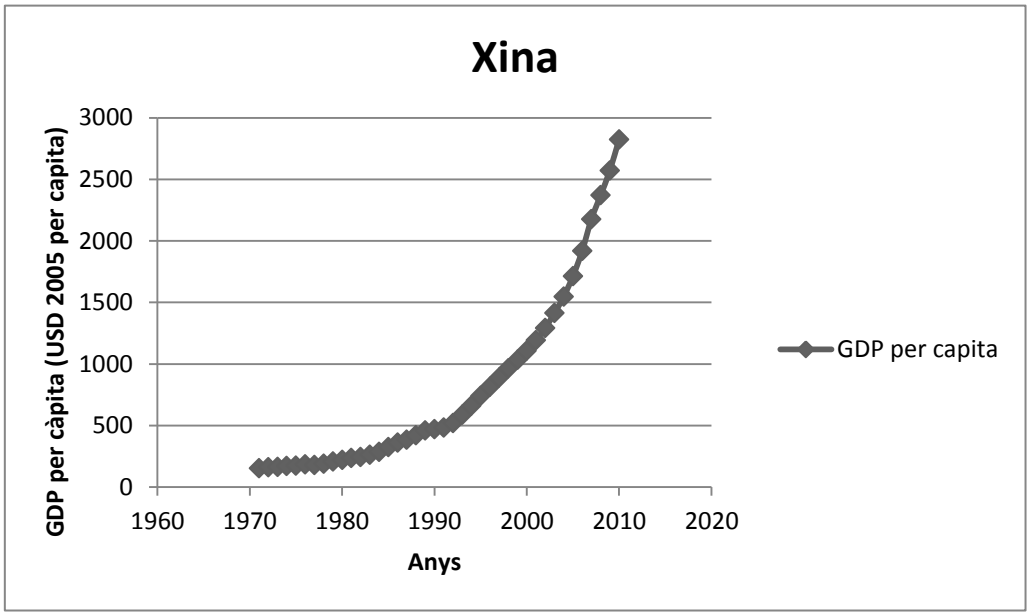
1.2.21.Països Baixos 185
1.2.22.Polònia 187
1.2.23.Portugal 188
1.2.24.Regne Unit 190
1.2.25.Romania 191
1.2.26.Suècia 193
1.2.27.Txèquia 194
1.2.28.Xipre 196

1.- ANNEXES: GRÀFIQUES INDIVIDUALITZADES.

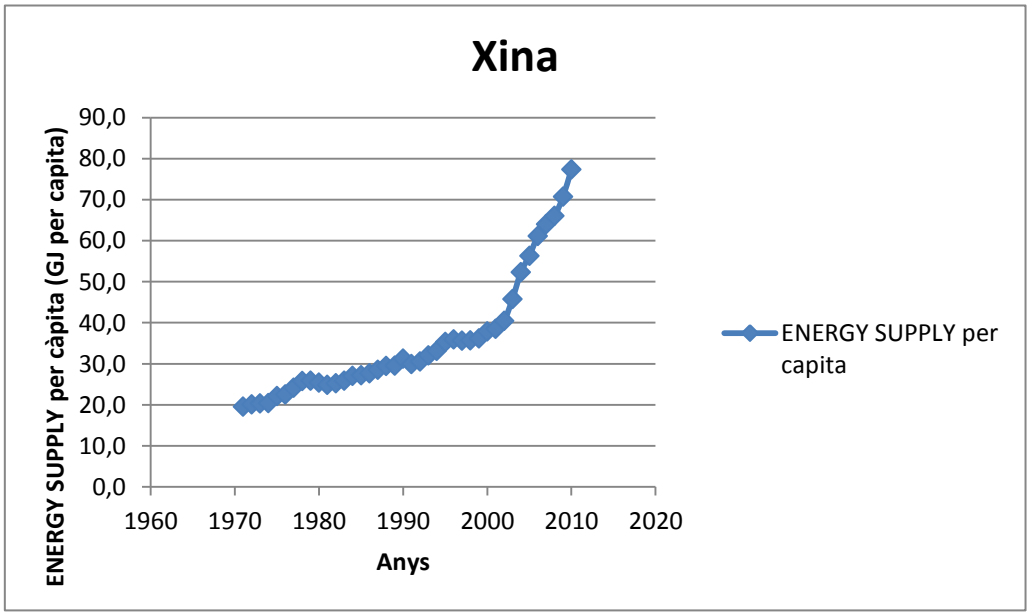
1.1. Països del TOP-15

1.1.1. Xina

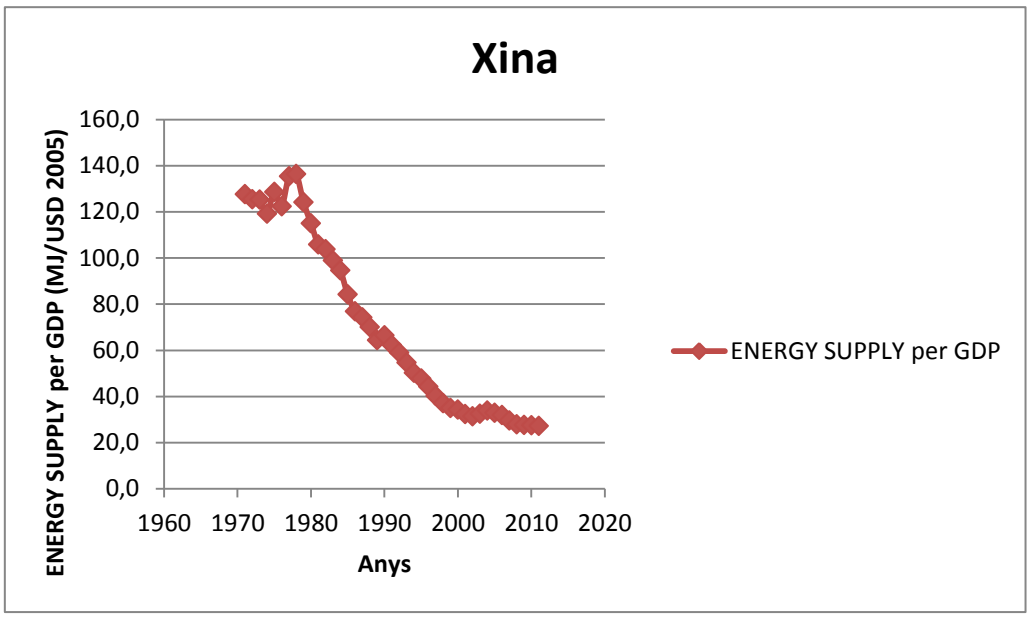
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

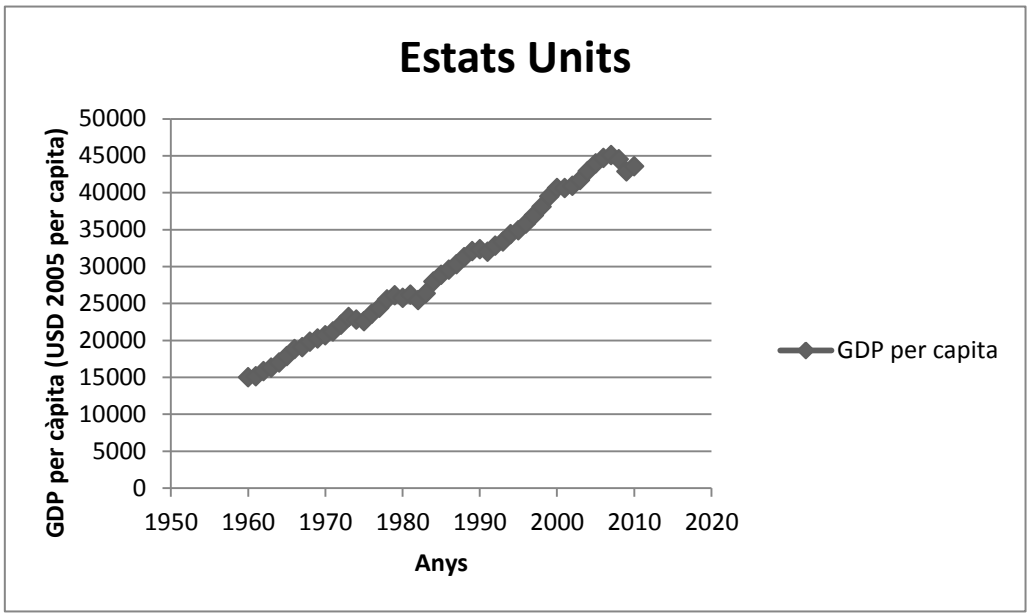


- ENERGY SUPPLY per GDP

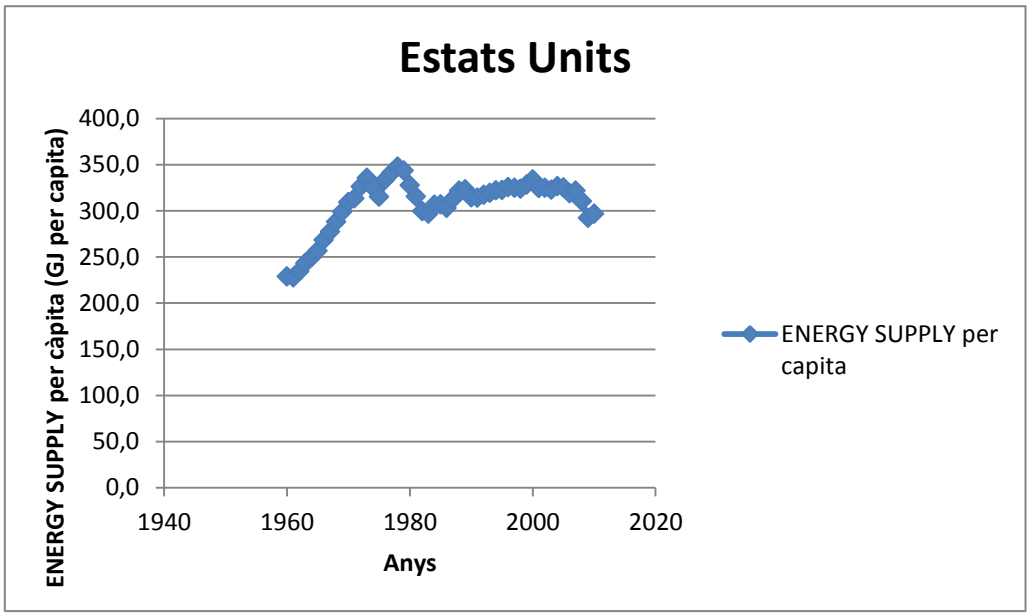


1.1.2. Estats Units

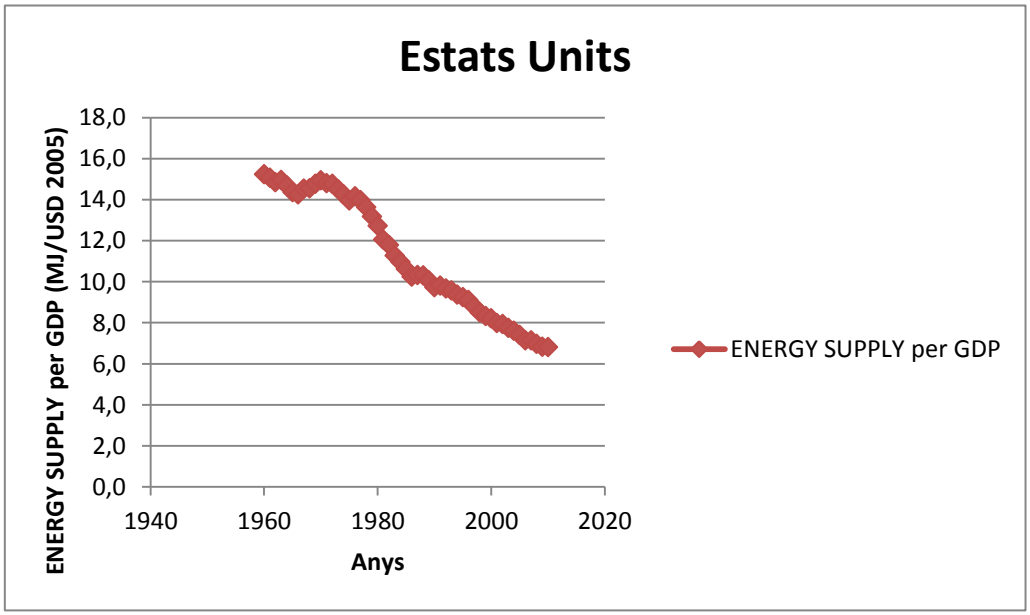
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

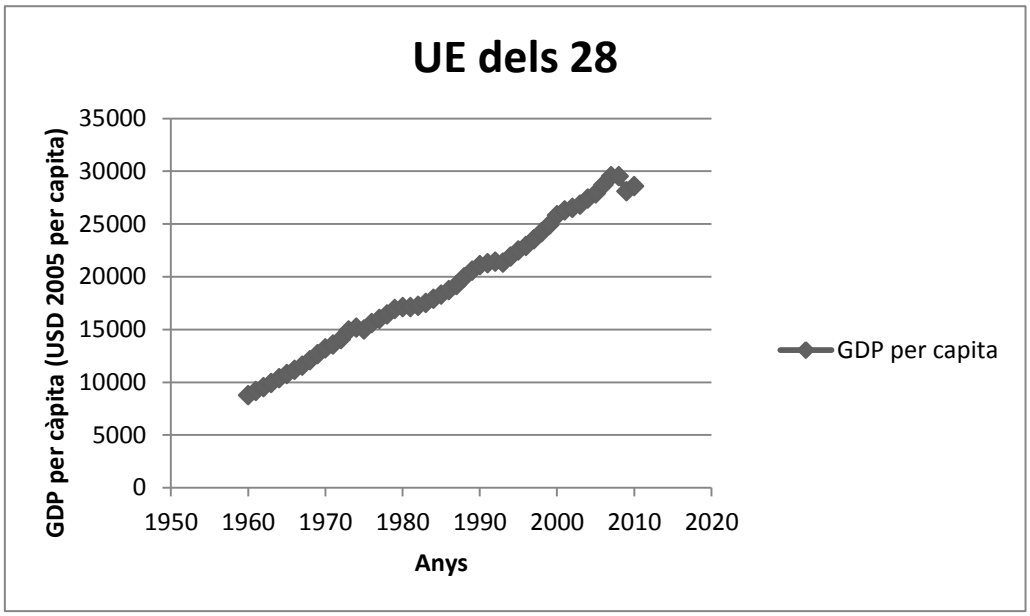


- ENERGY SUPPLY per GDP

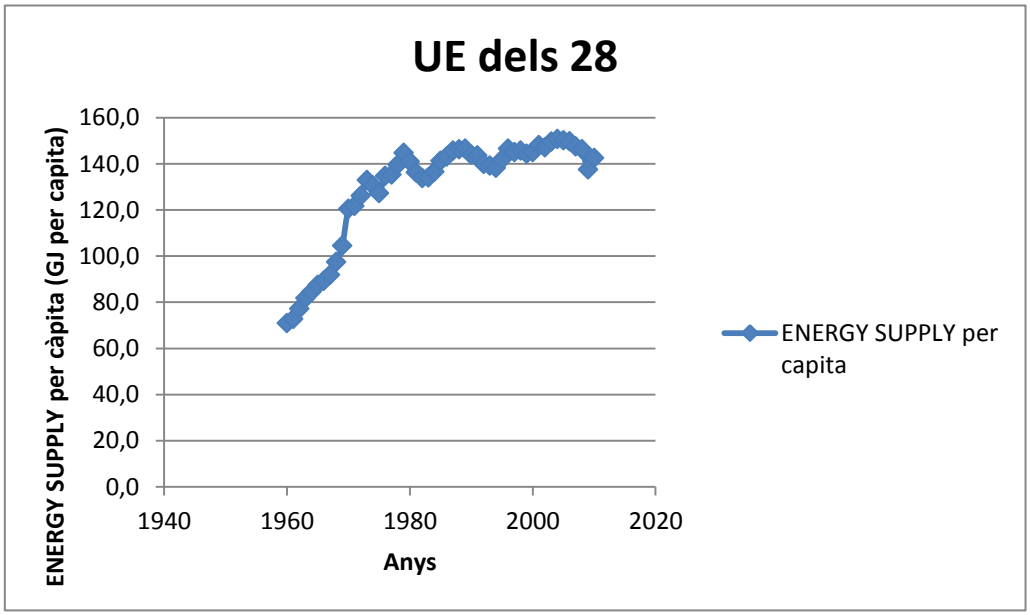


1.1.3. Unió Europea dels 28

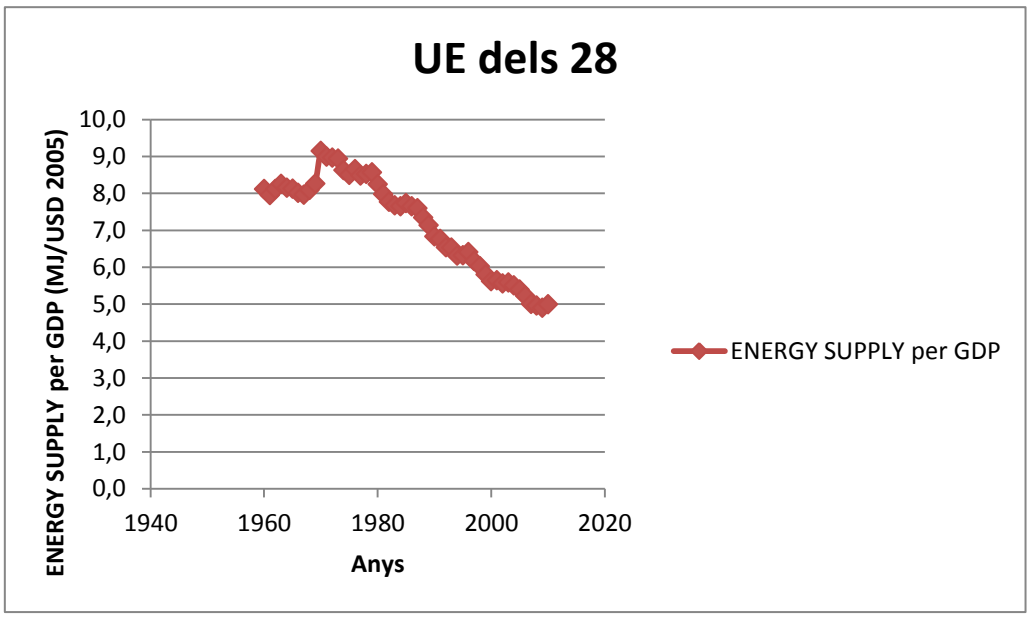
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

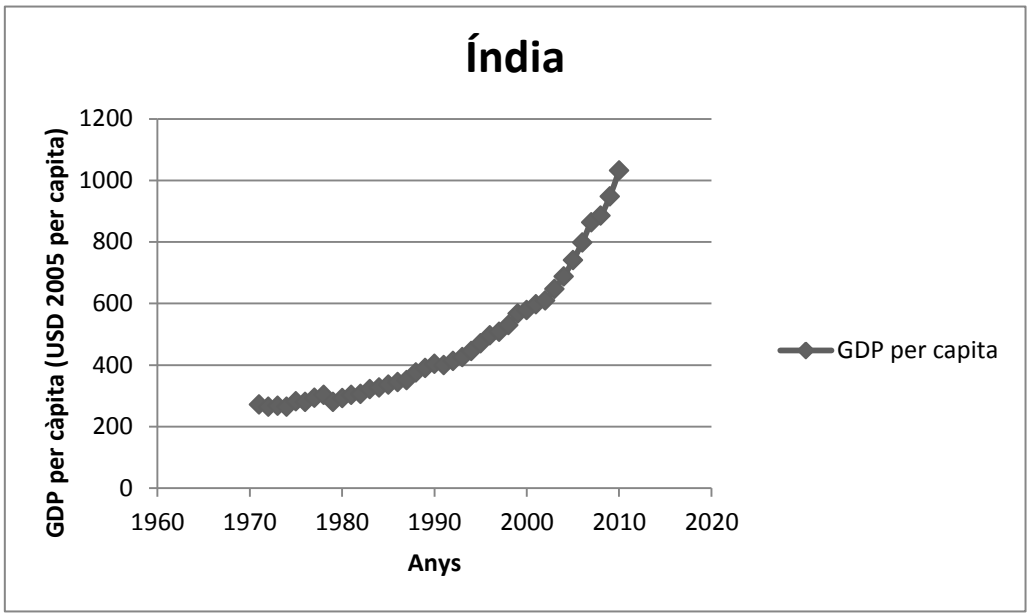


- ENERGY SUPPLY per GDP

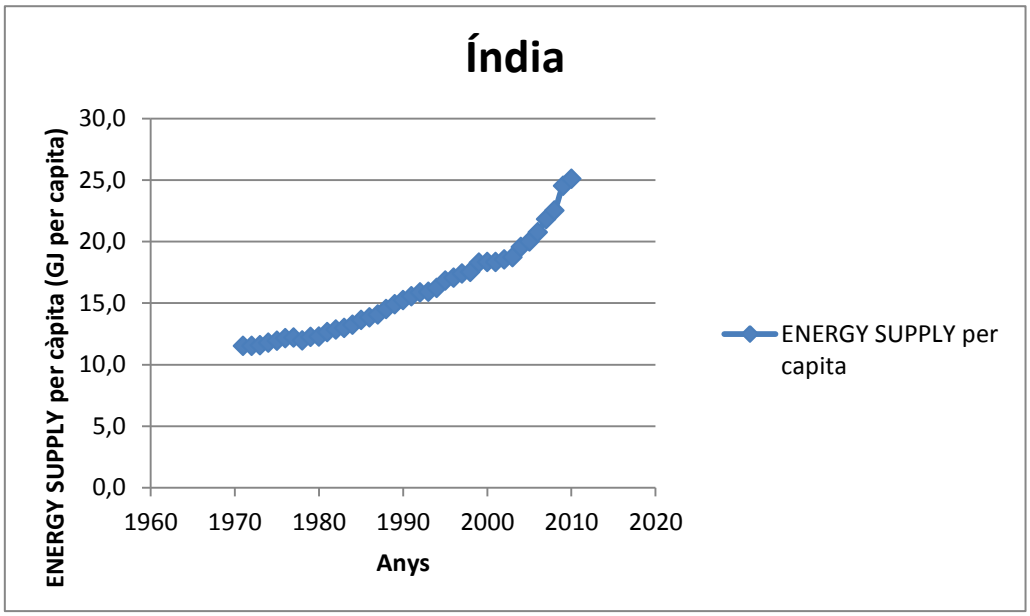


1.1.4. Índia

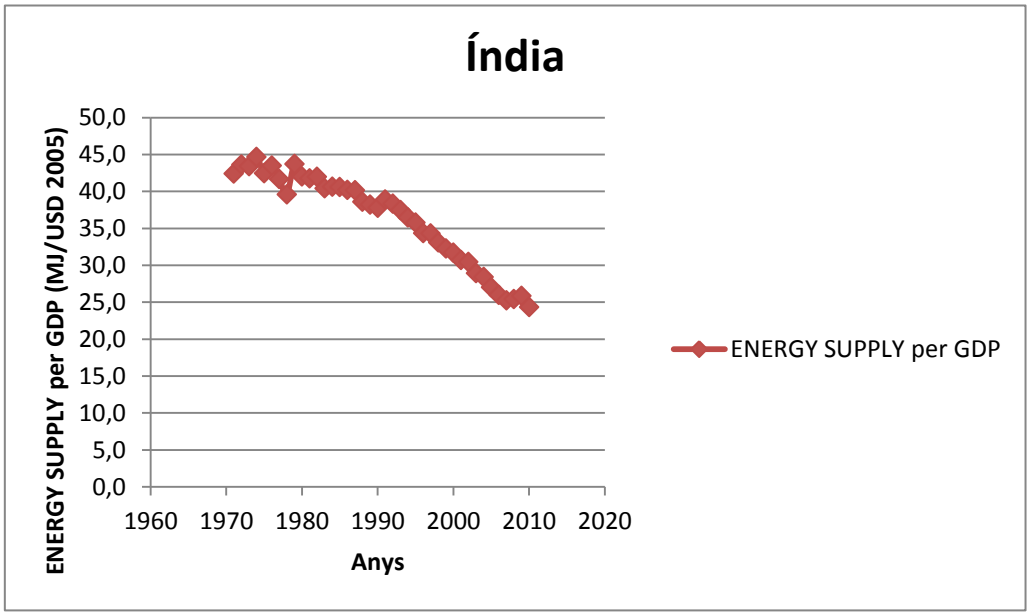
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

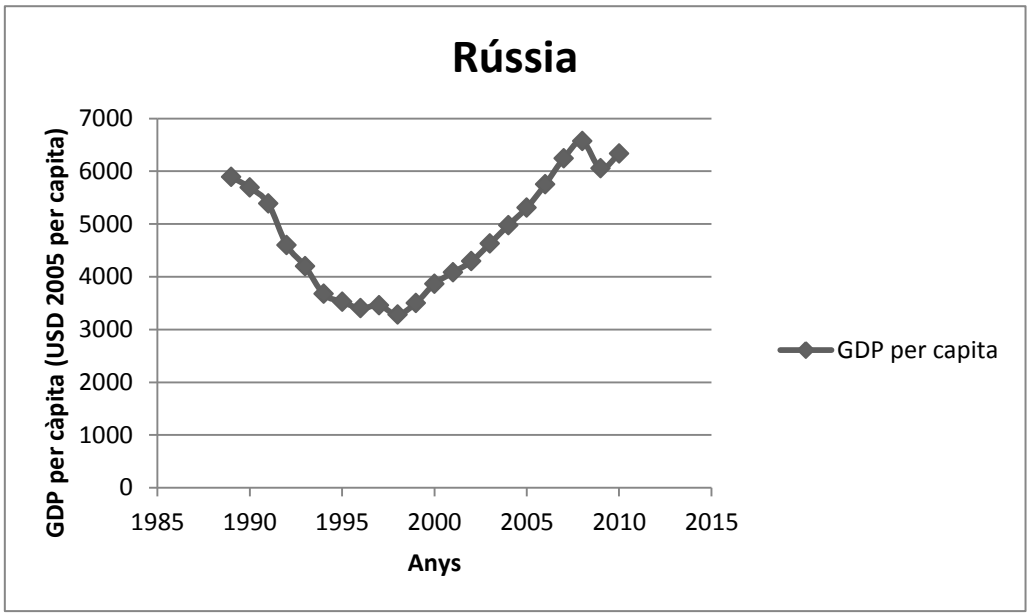


- ENERGY SUPPLY per GDP

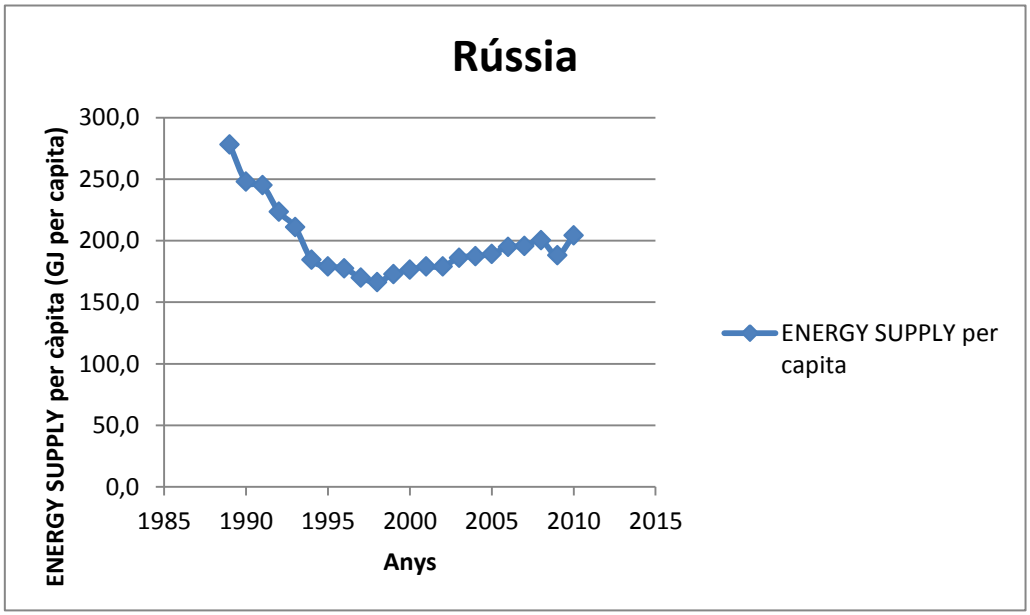


1.1.5. Rússia

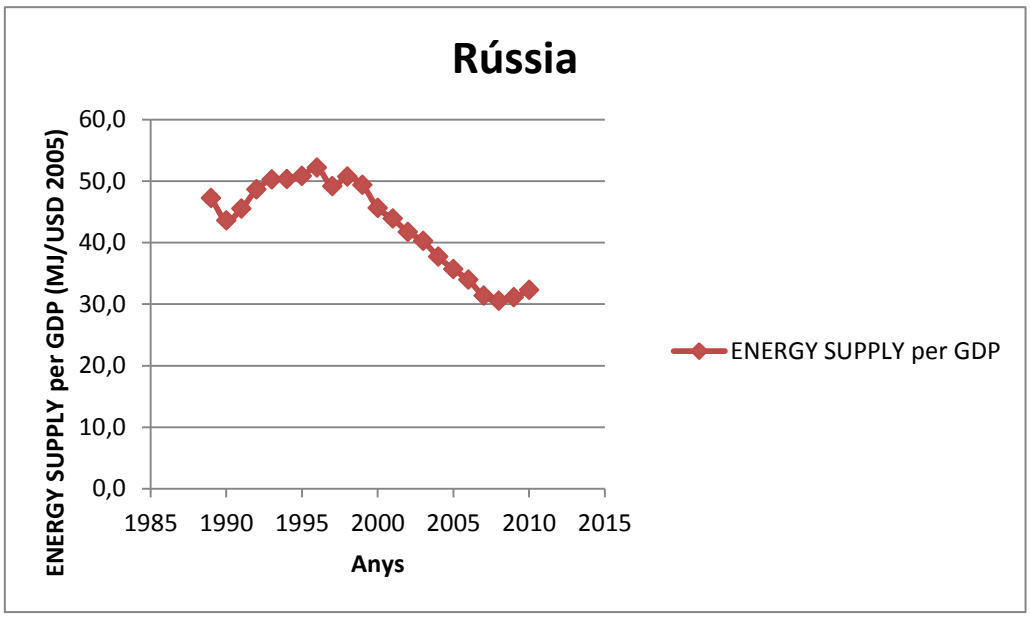
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

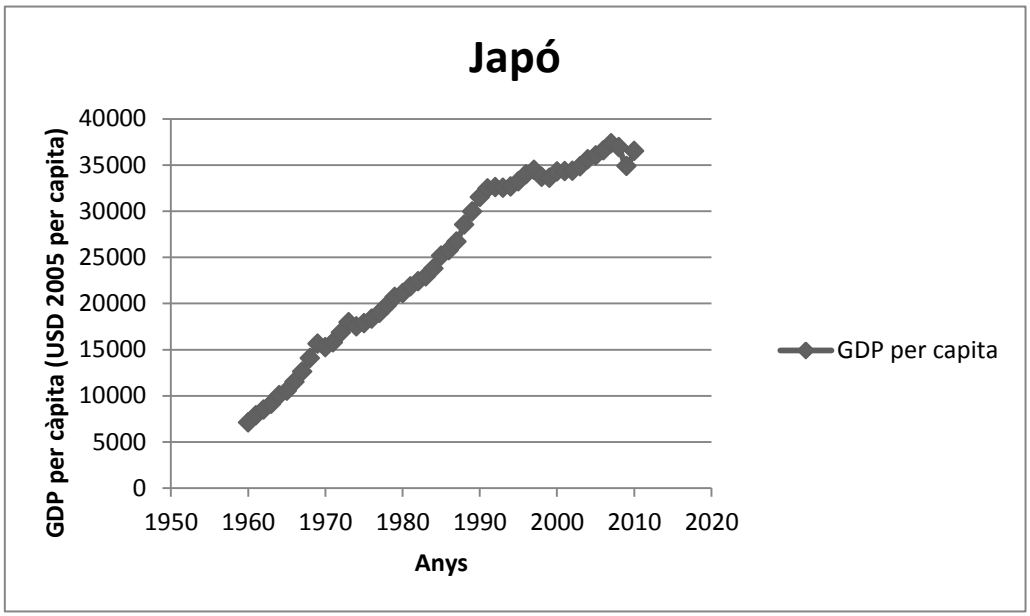


- ENERGY SUPPLY per GDP

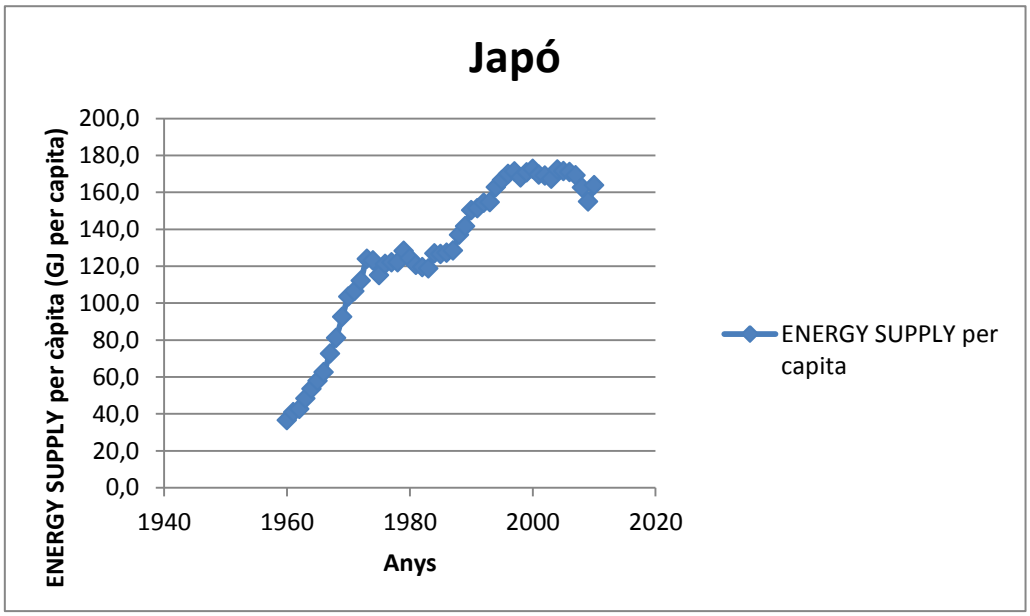


1.1.6. Japó

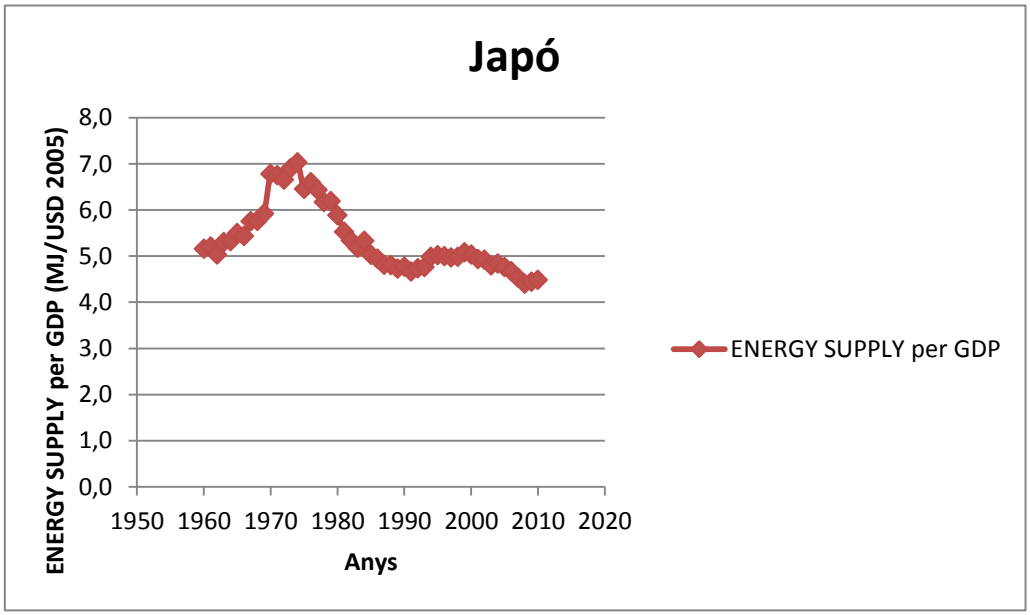
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

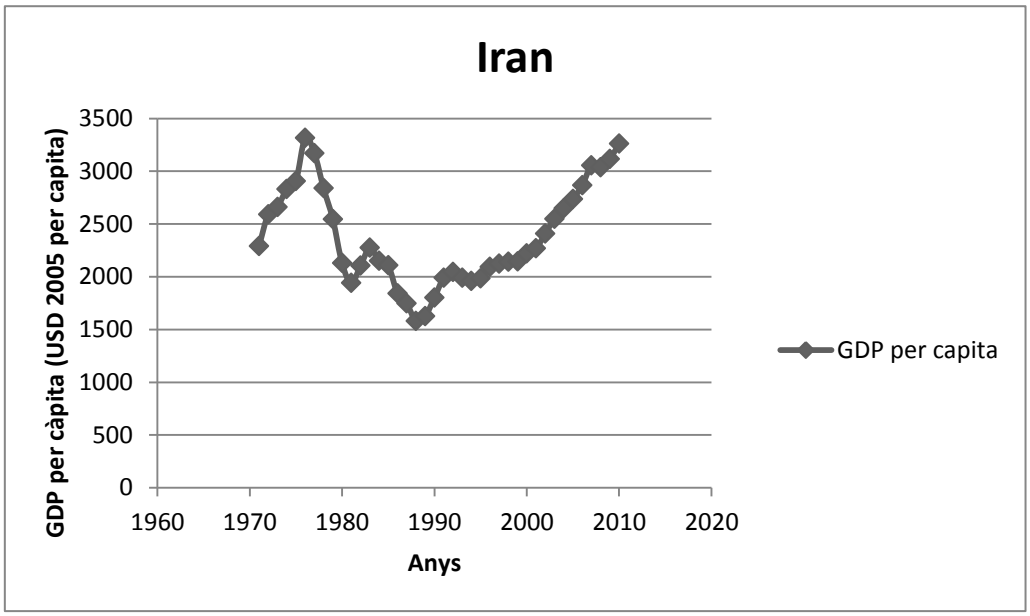


- ENERGY SUPPLY per GDP

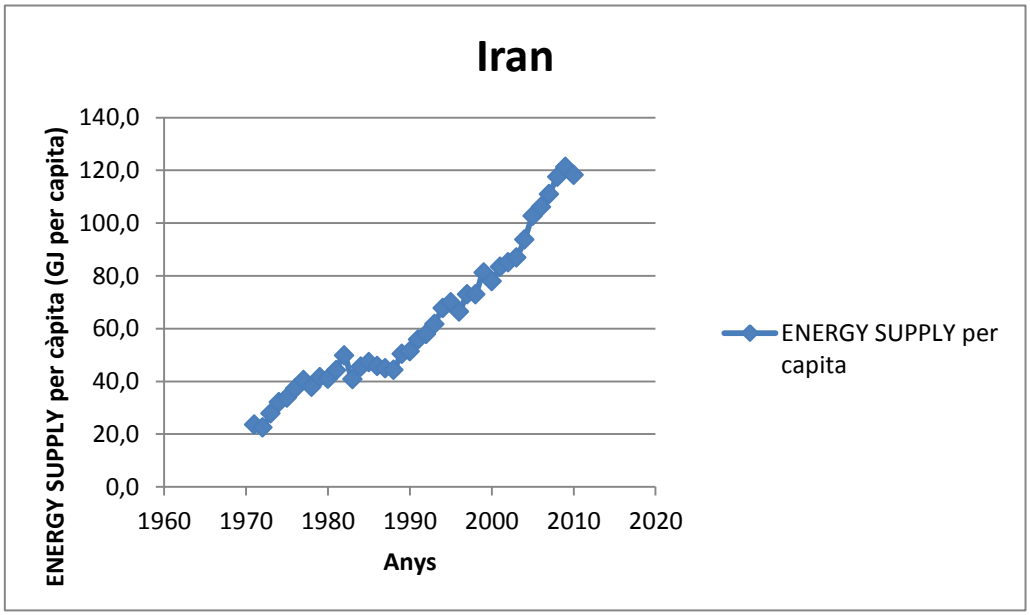


1.1.7. Iran

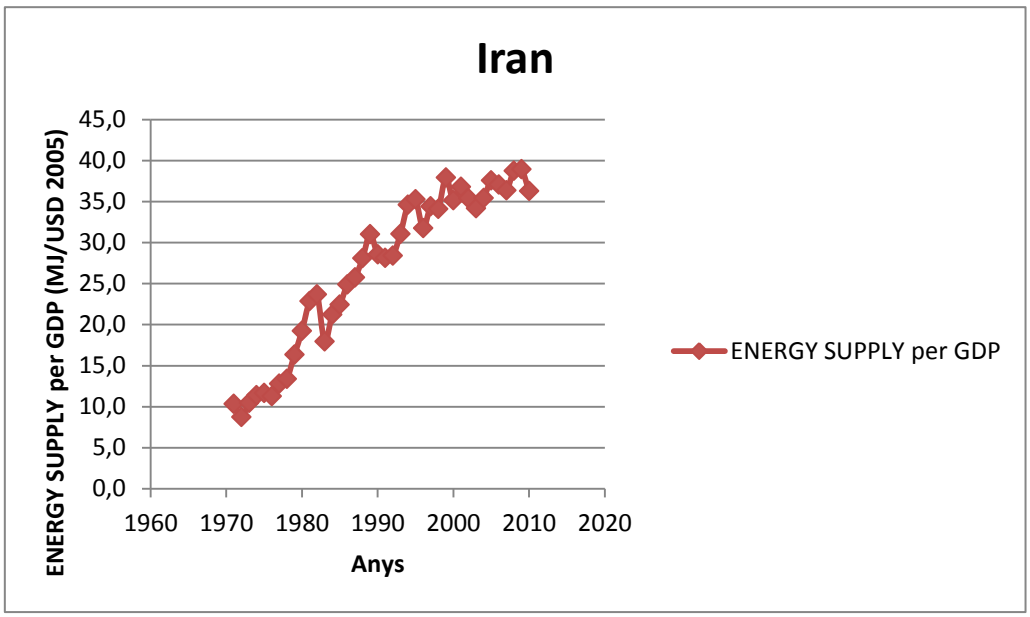
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

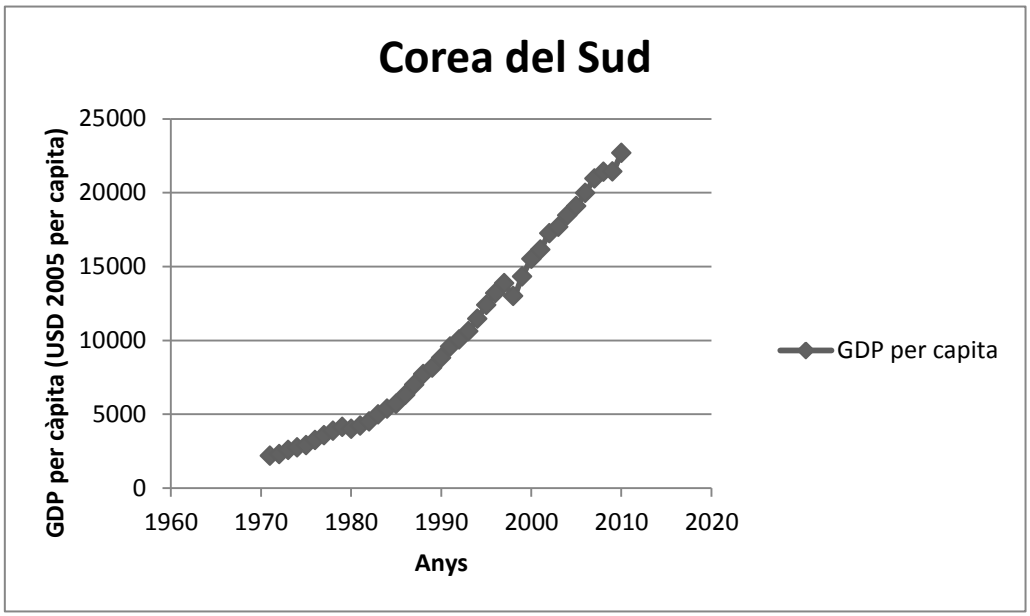


- ENERGY SUPPLY per GDP

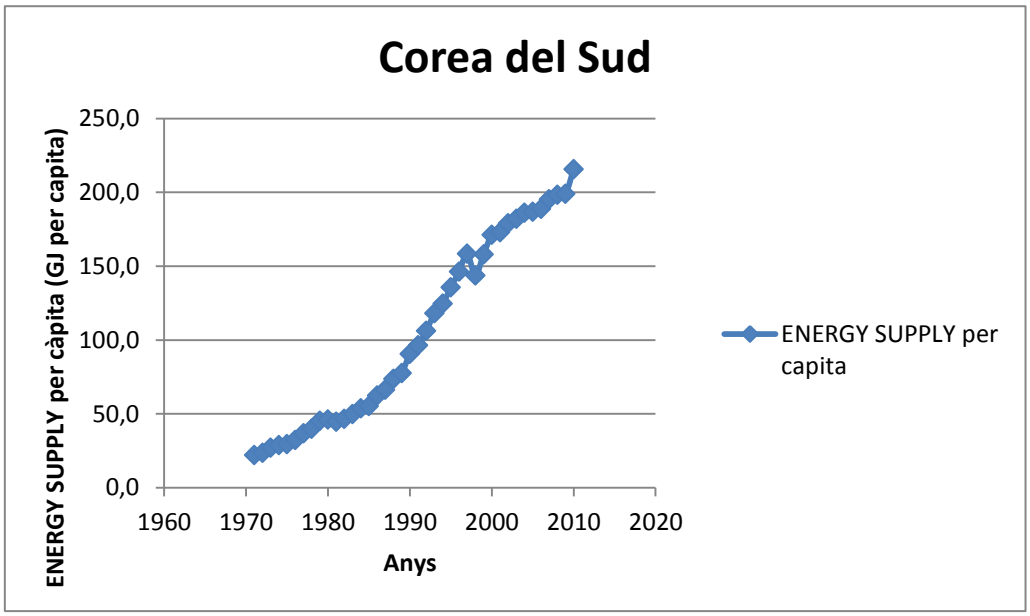


1.1.8. Corea del Sud

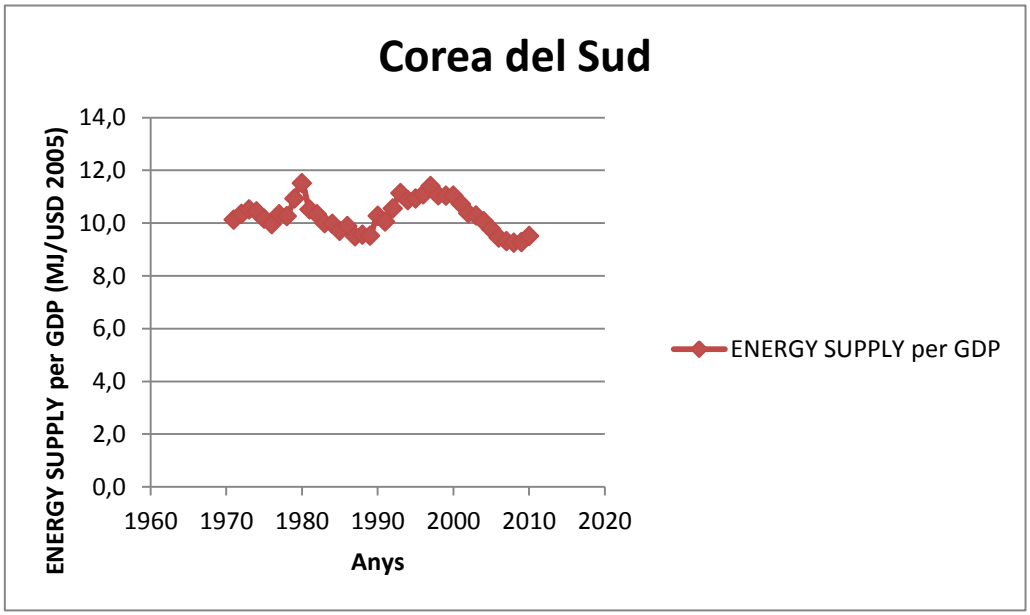
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

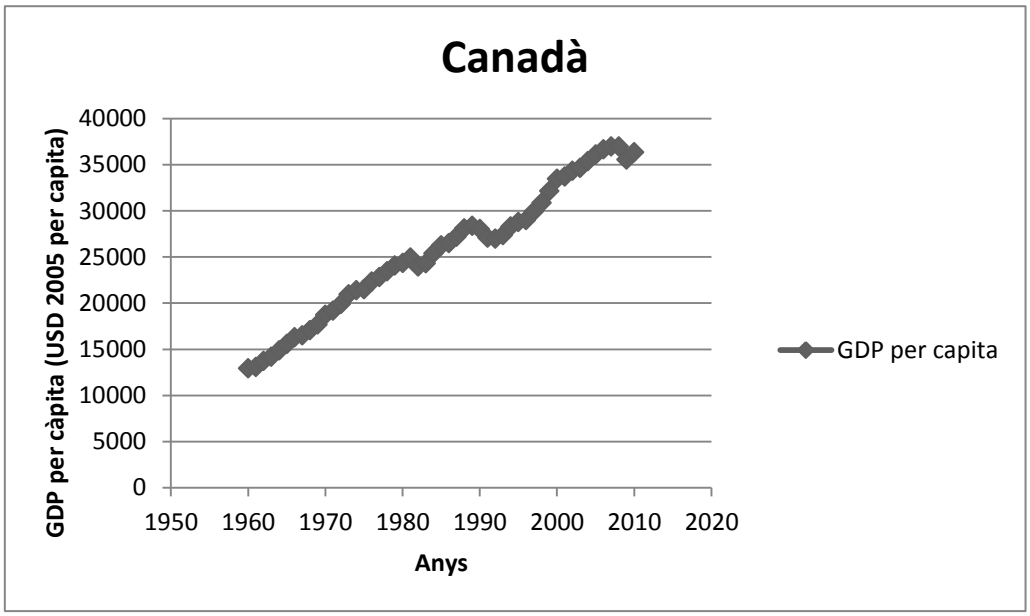


- ENERGY SUPPLY per GDP

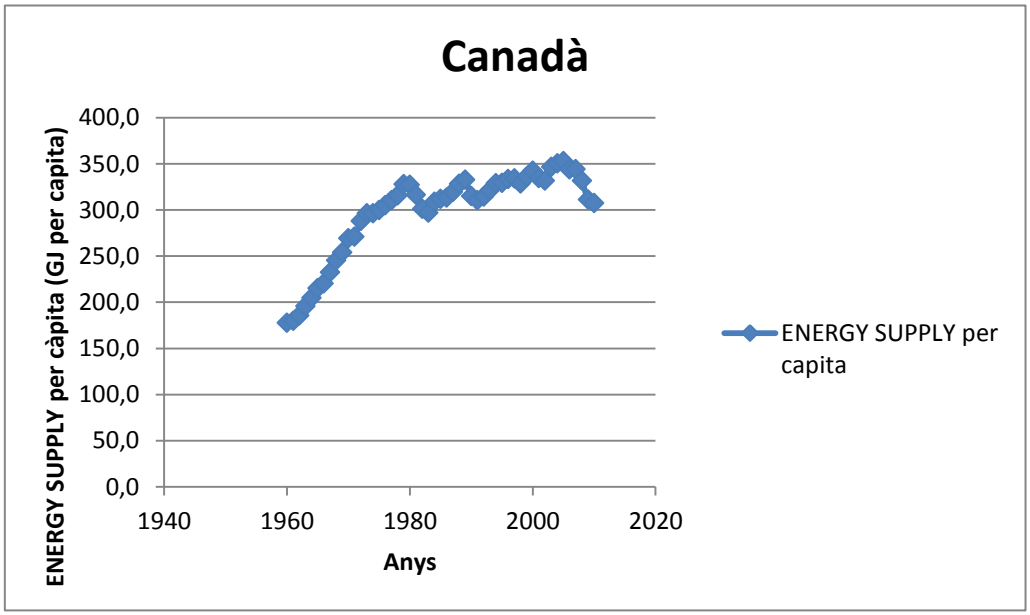


1.1.9. Canadà

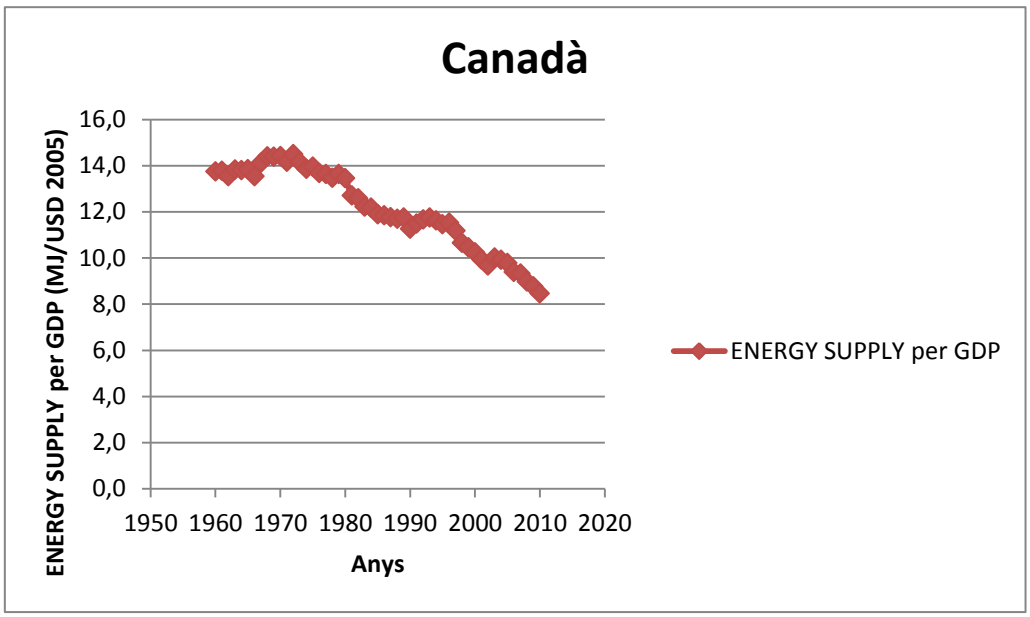
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

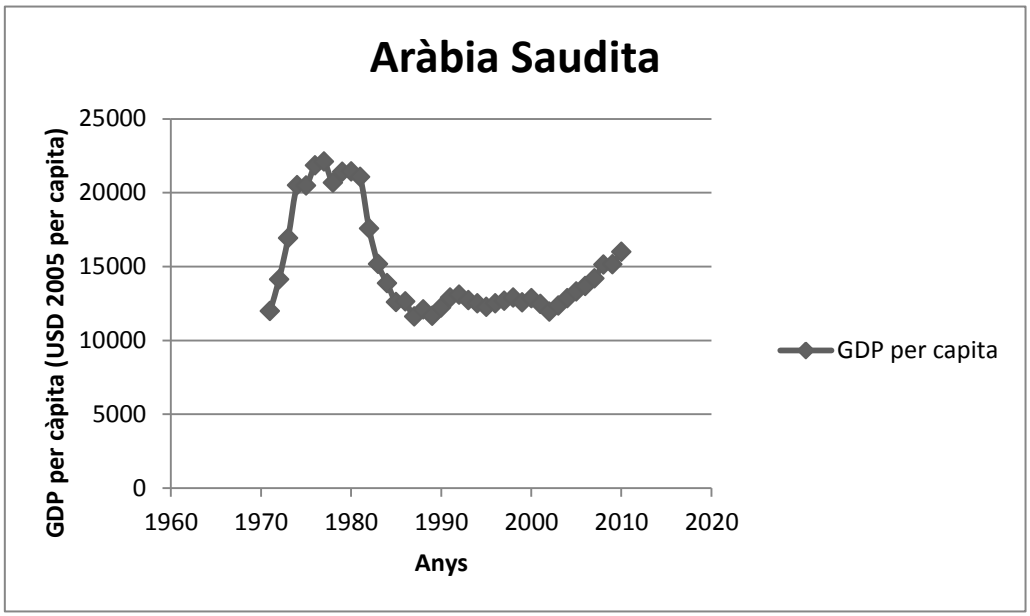


- ENERGY SUPPLY per GDP

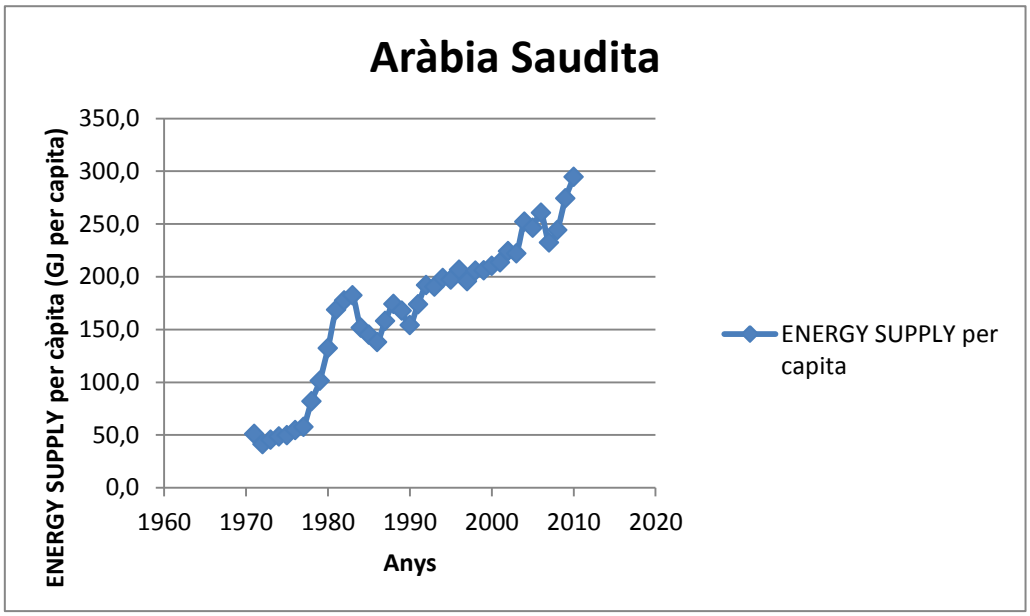


1.1.10. Aràbia Saudita

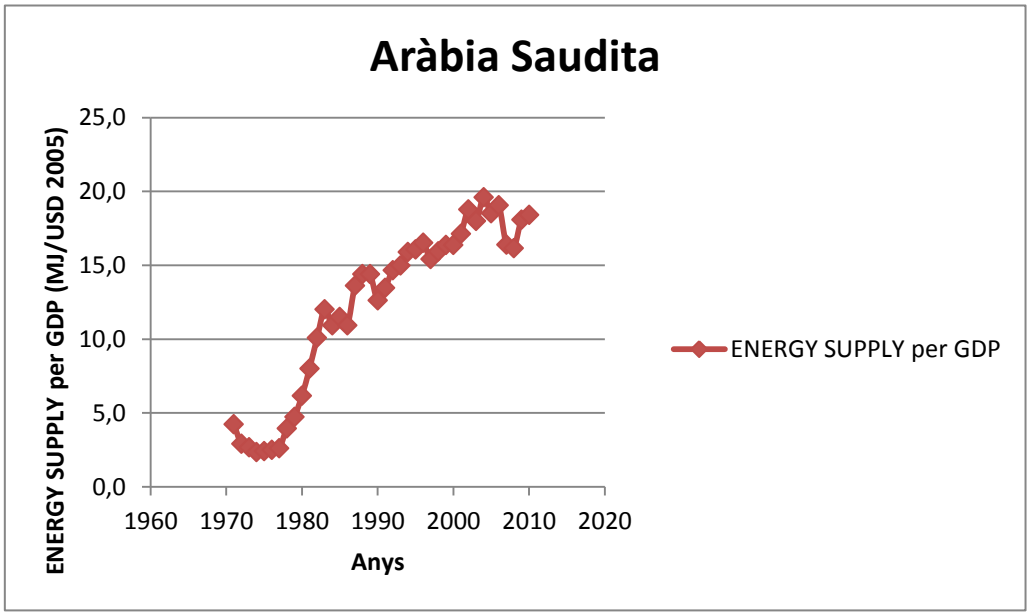
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

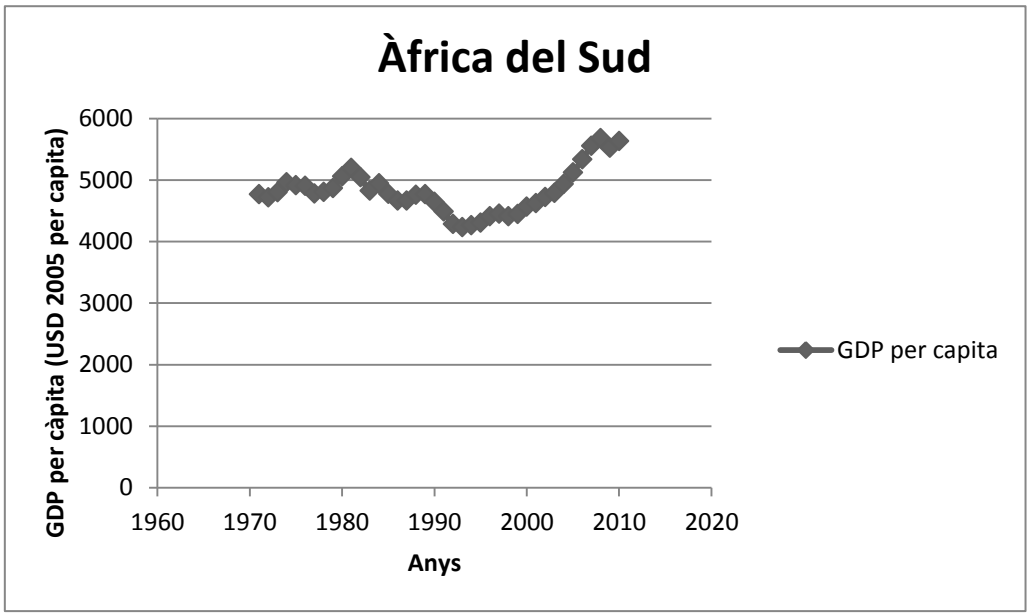


- ENERGY SUPPLY per GDP

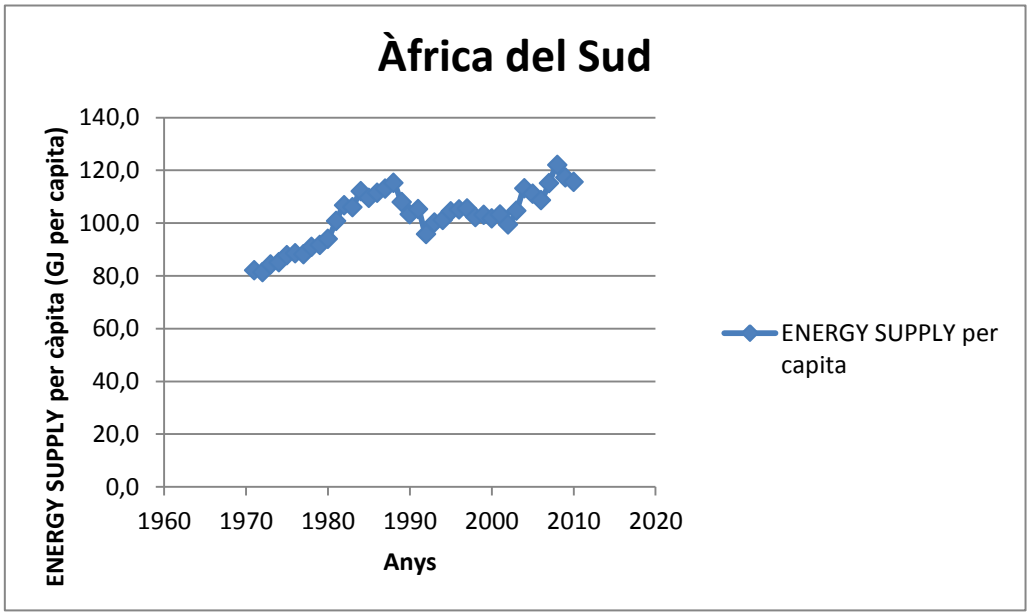


1.1.11. Àfrica del Sud

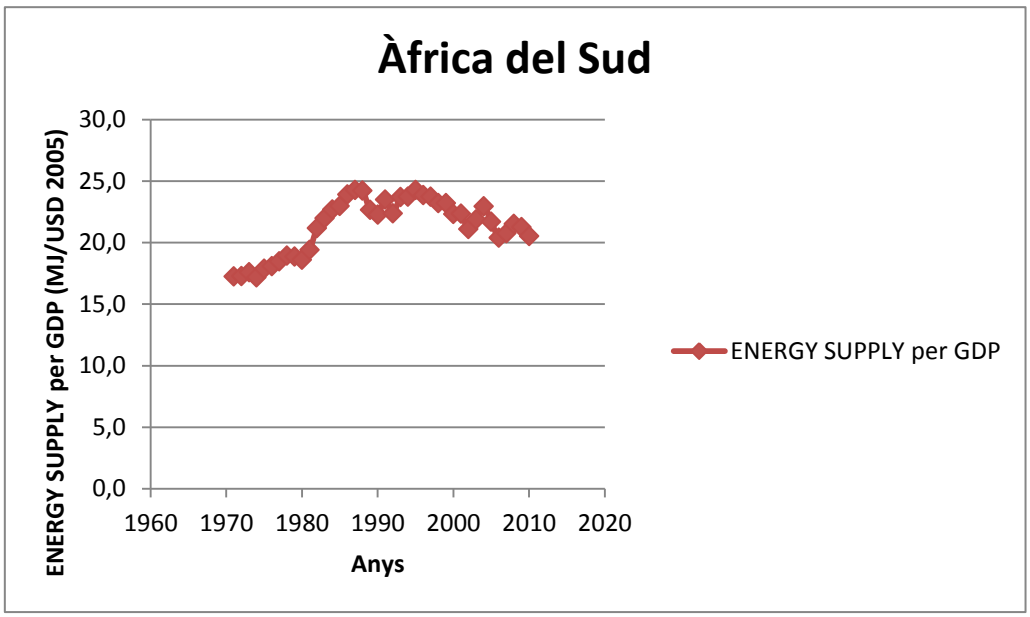
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

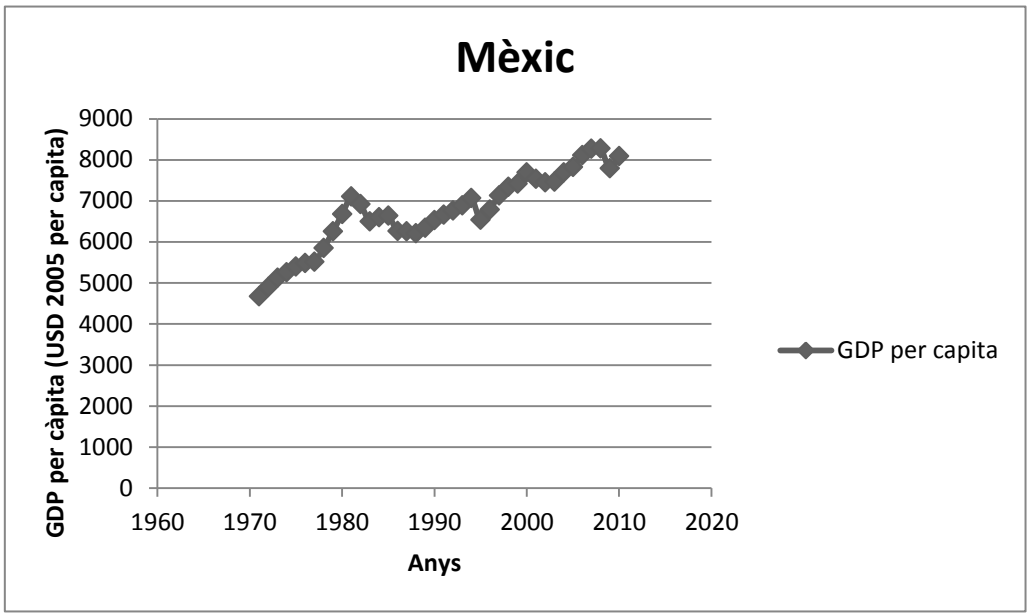


- ENERGY SUPPLY per GDP

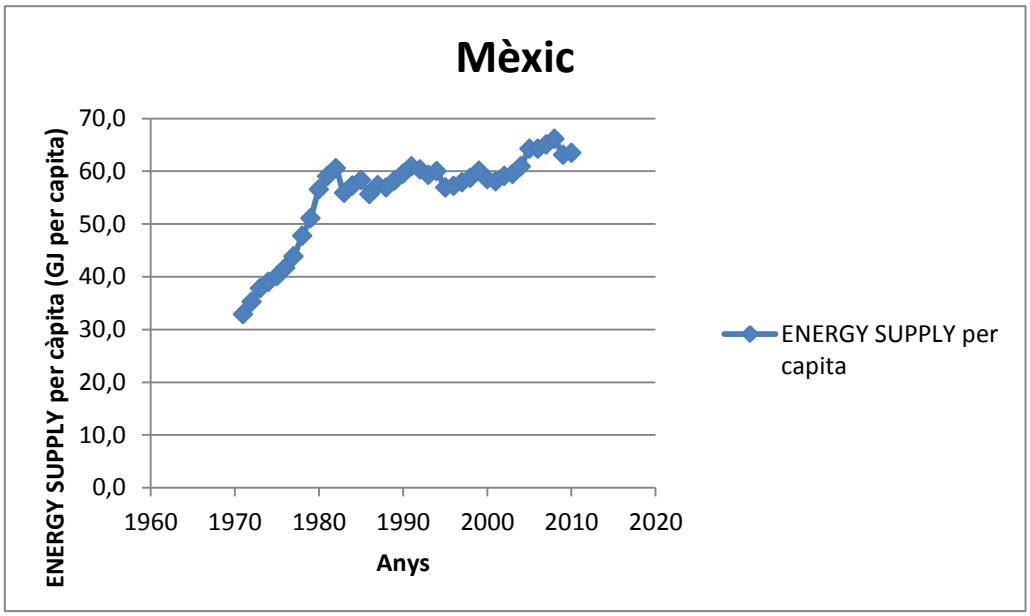


1.1.12. Mèxic

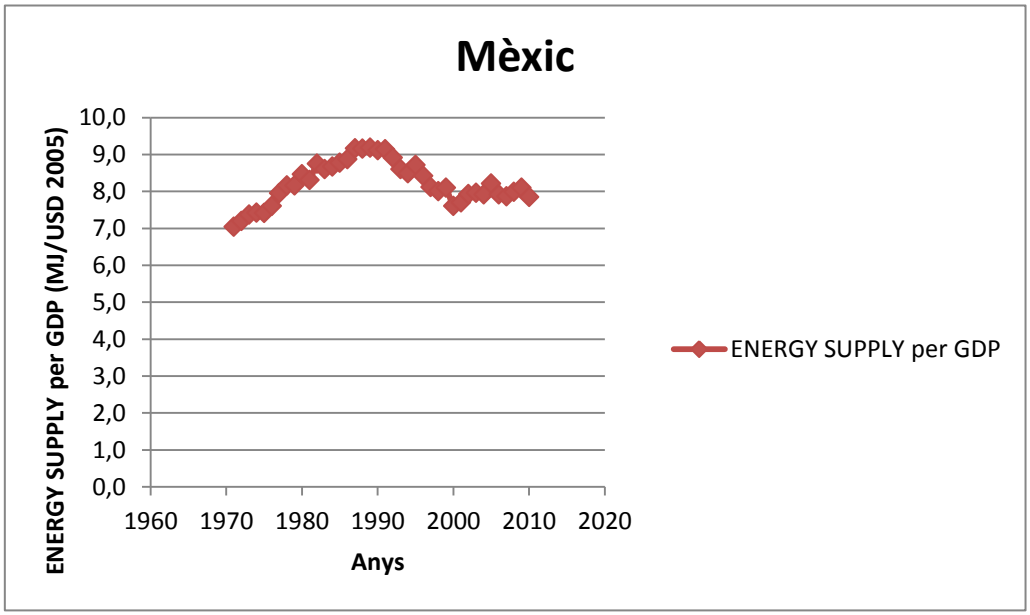
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

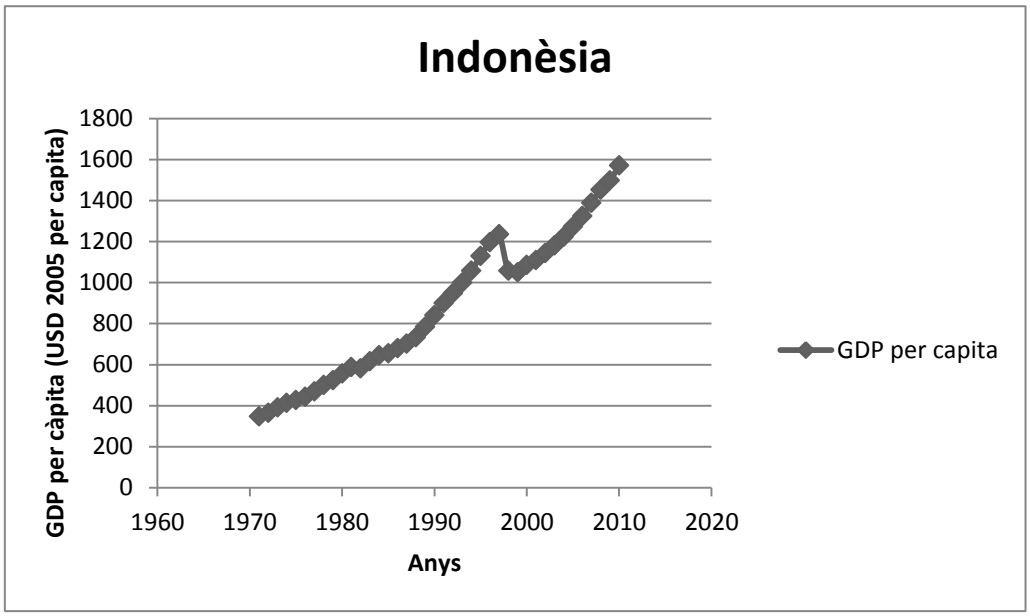


- ENERGY SUPPLY per GDP

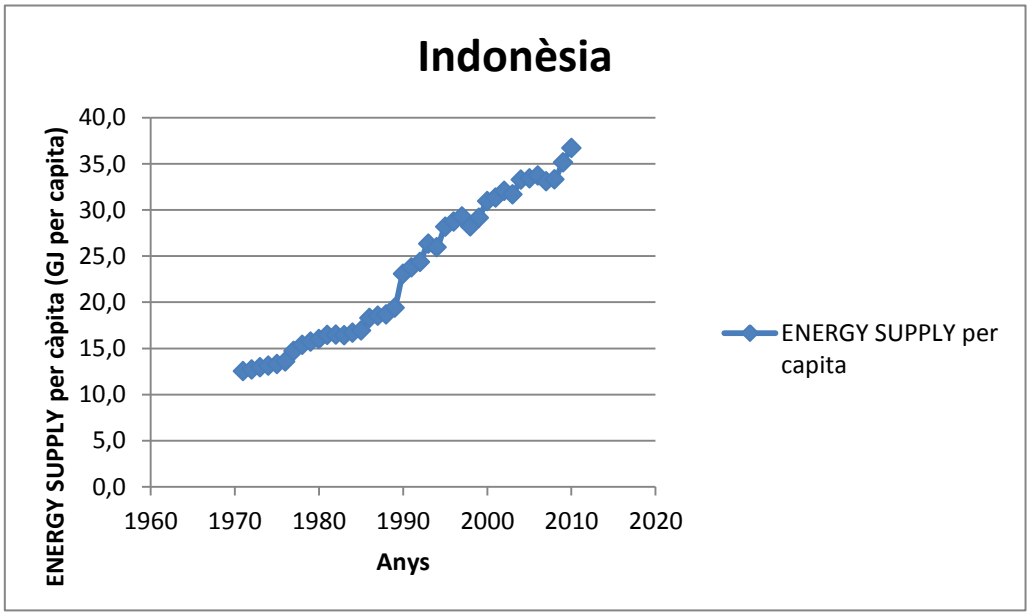


1.1.13. Indonèsia

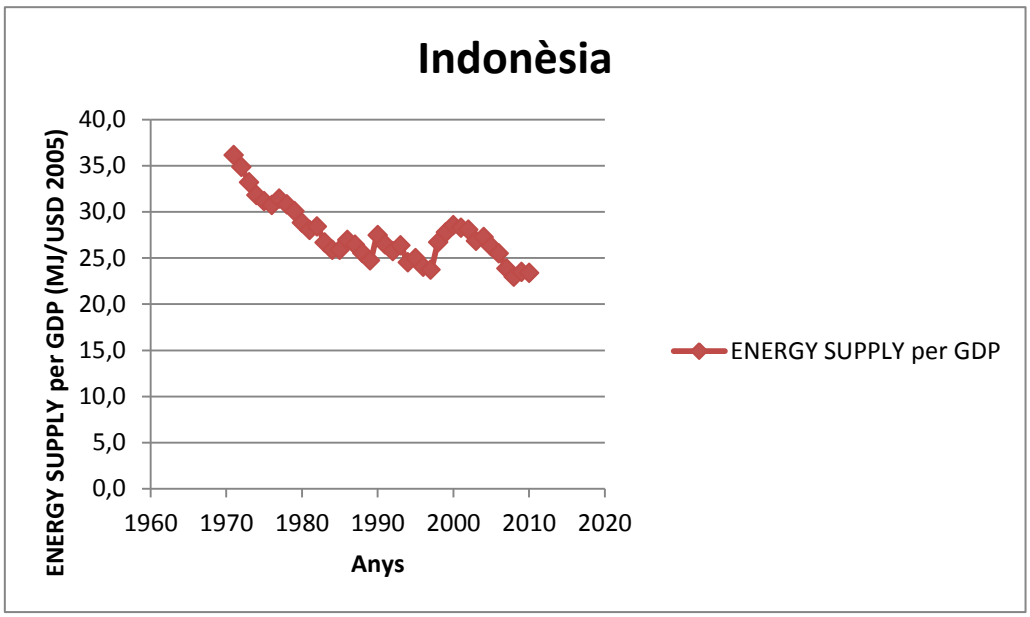
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

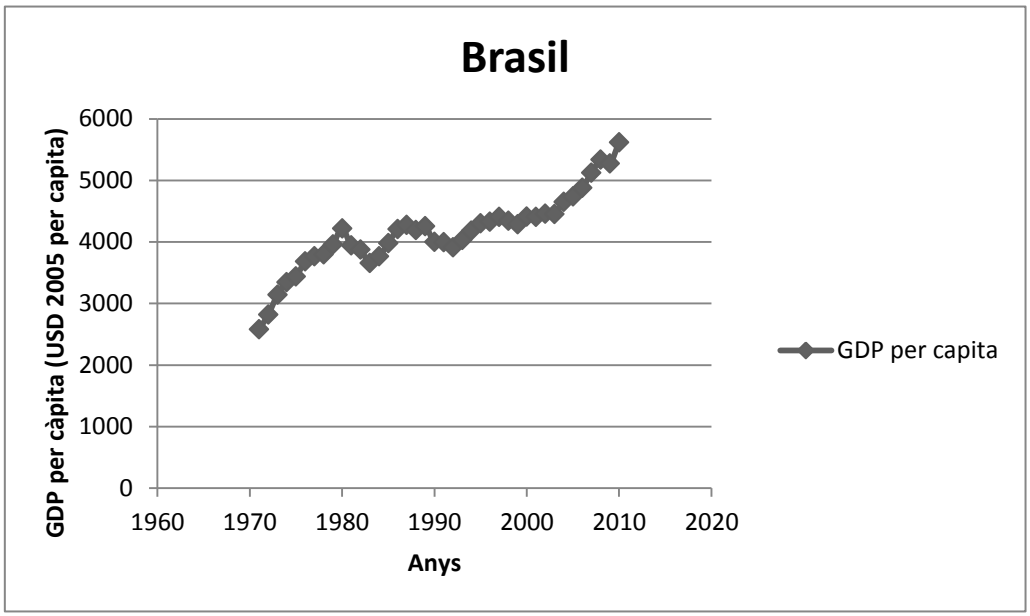


- ENERGY SUPPLY per GDP

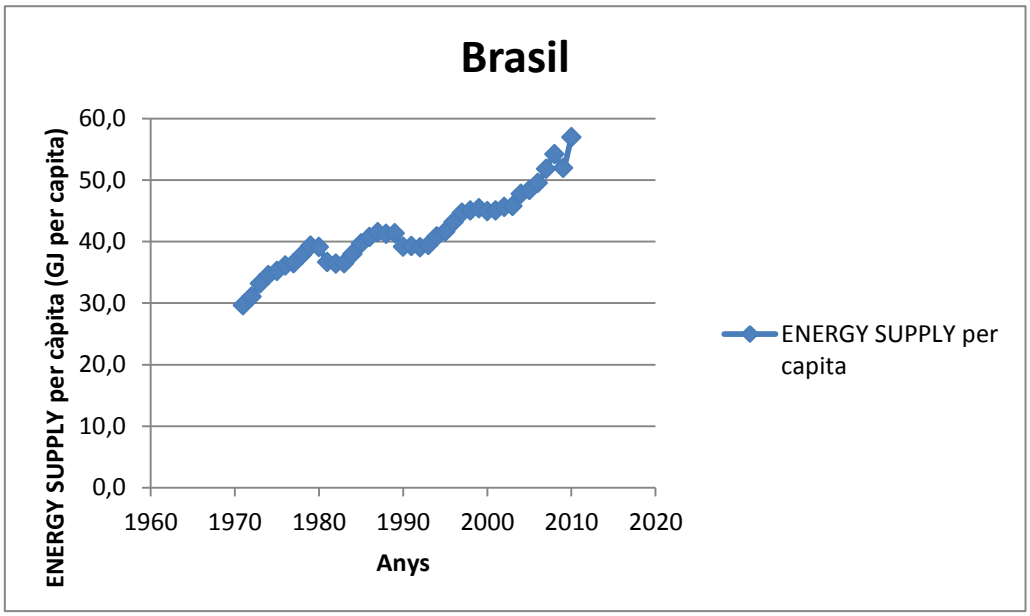


1.1.14. Brasil

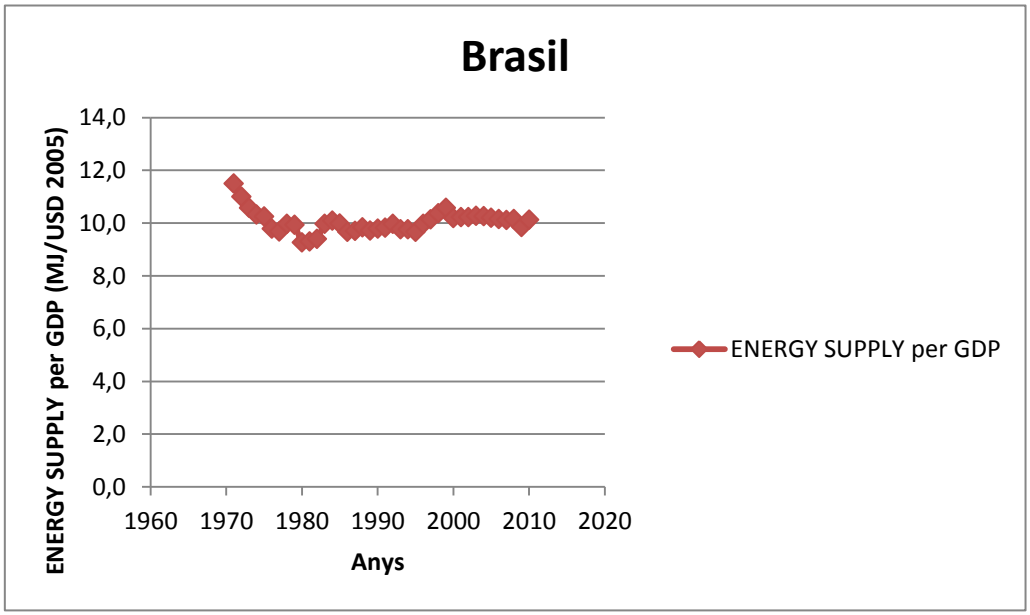
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

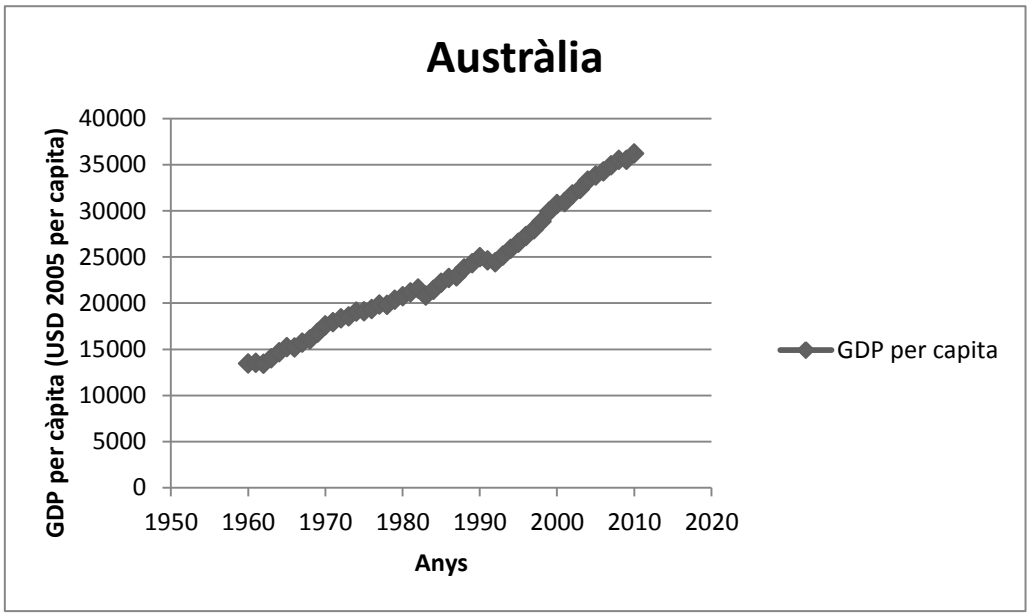


- ENERGY SUPPLY per GDP

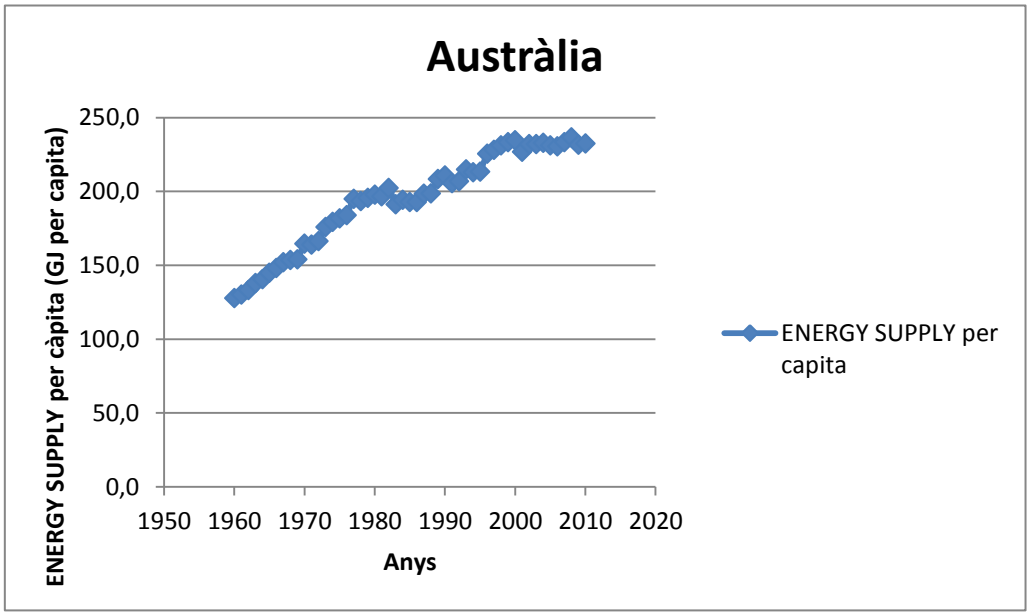


1.1.15. Austràlia

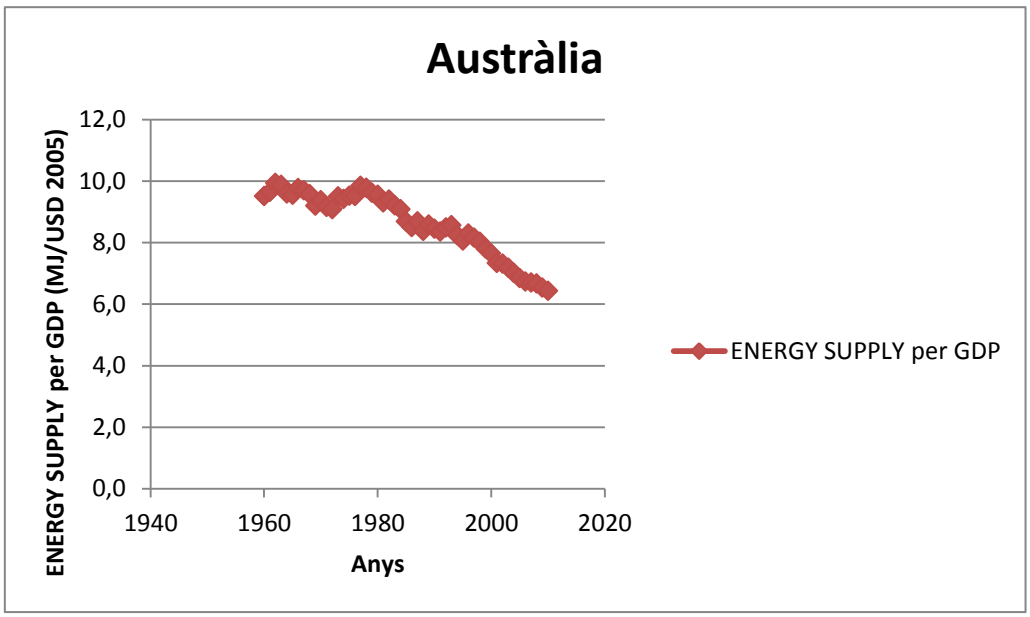
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita



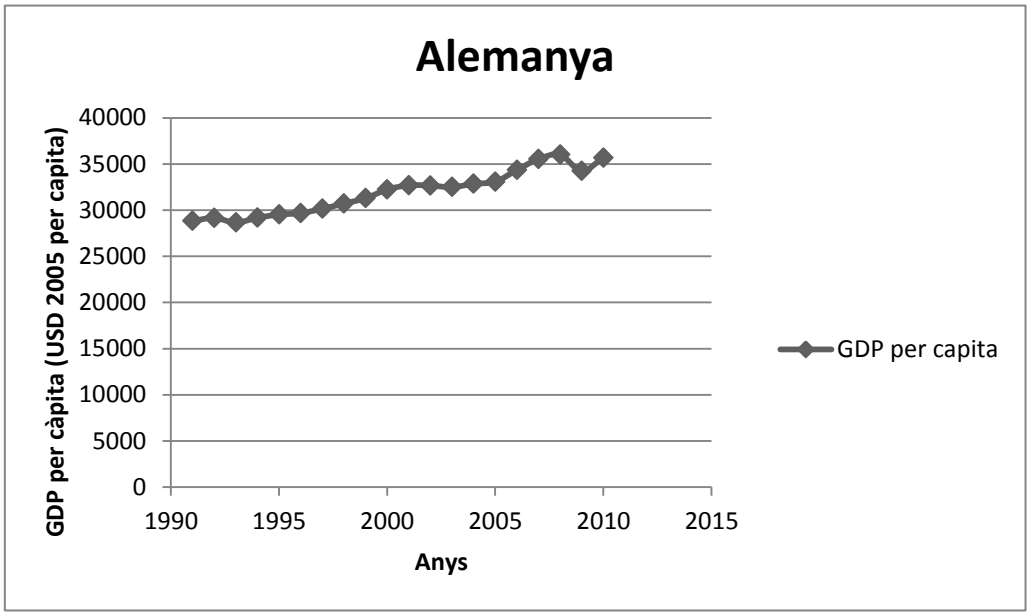
- ENERGY SUPPLY per GDP



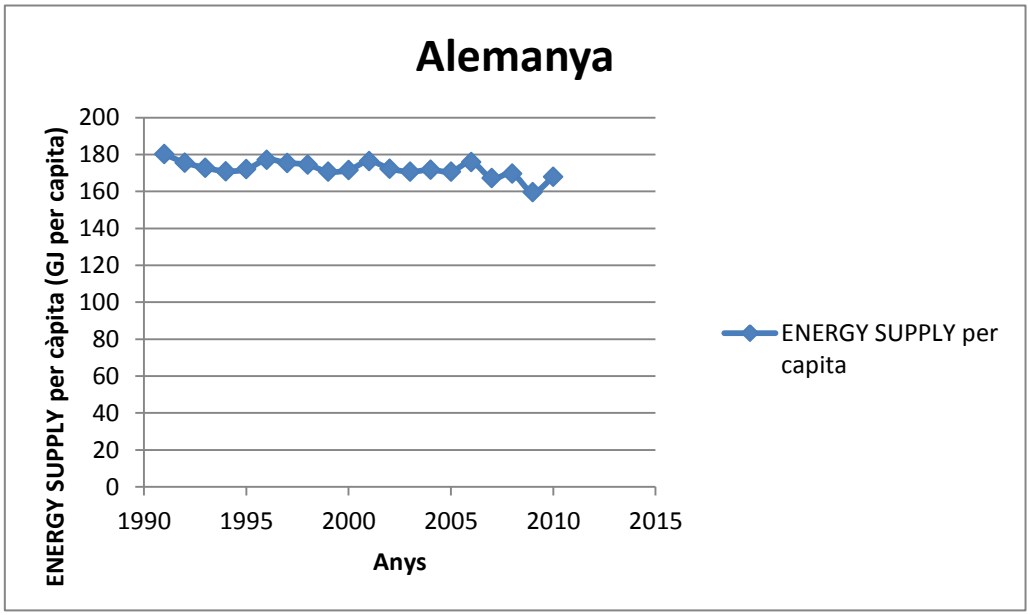
1.2. Països de la Unió Europea dels 28

1.2.1. Alemanya

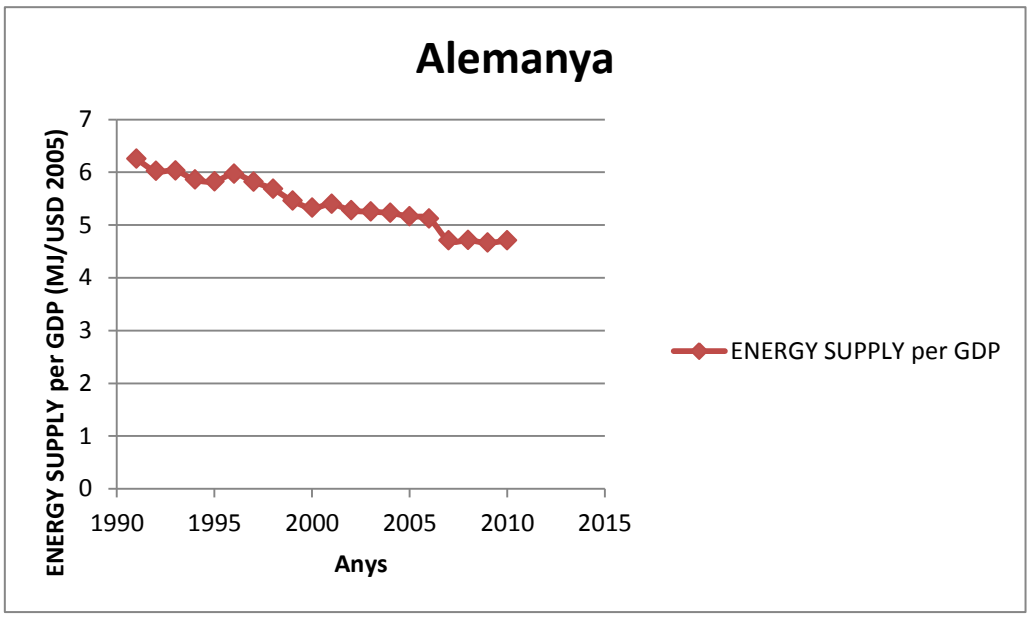
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

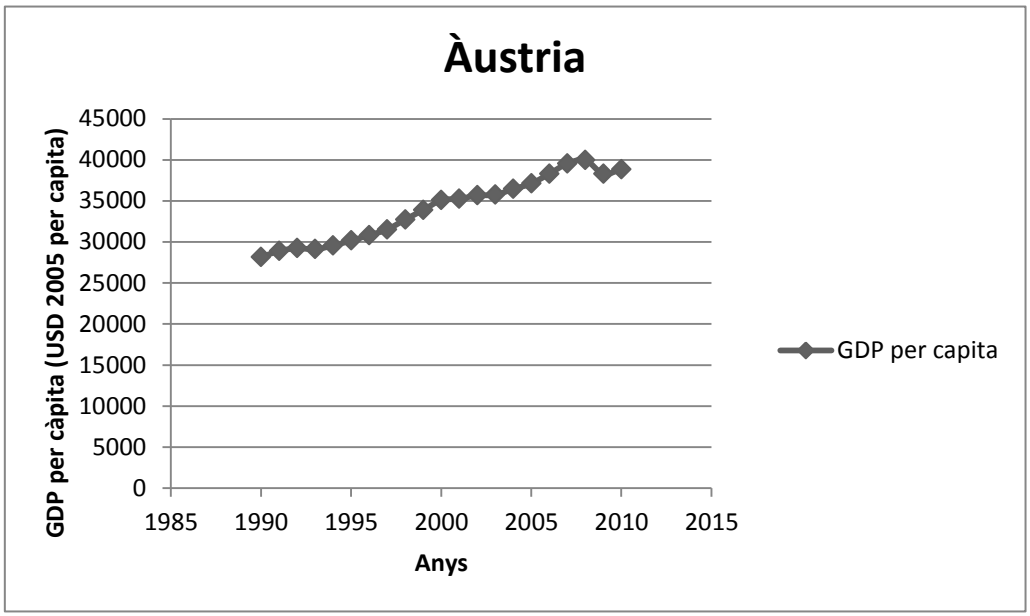


- ENERGY SUPPLY per GDP

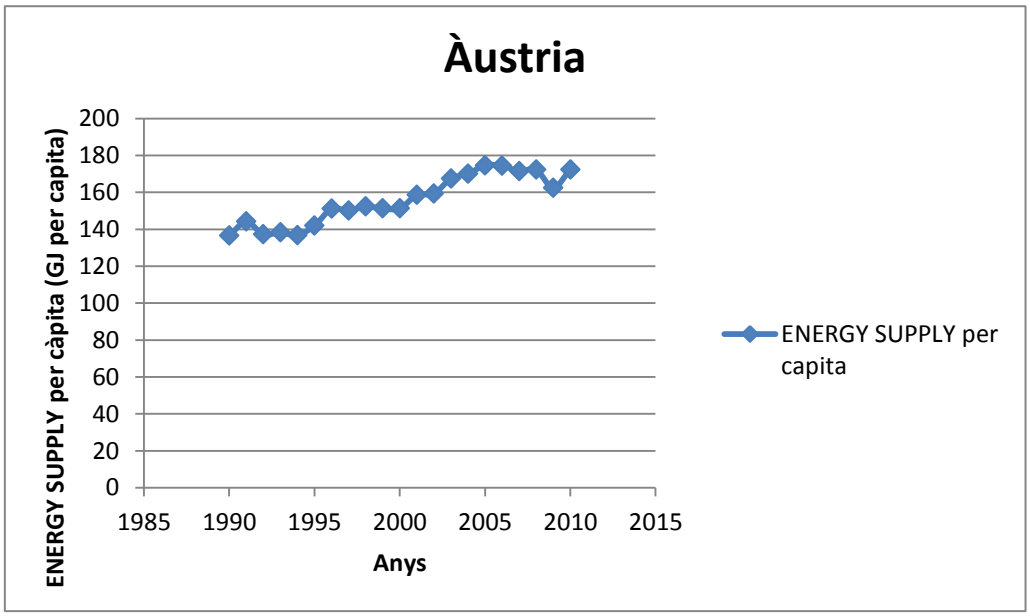


1.2.2. Àustria

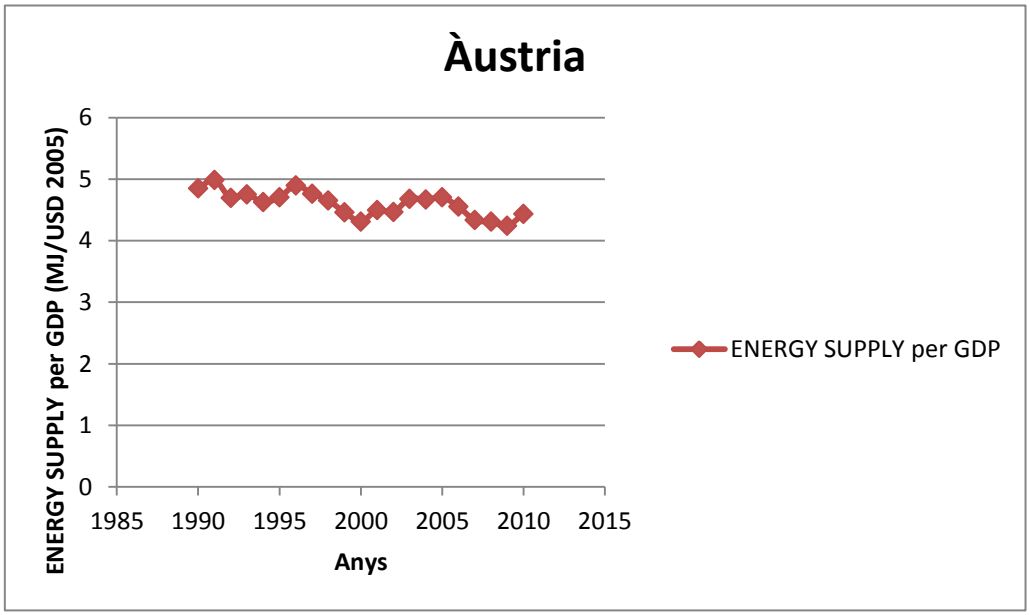
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

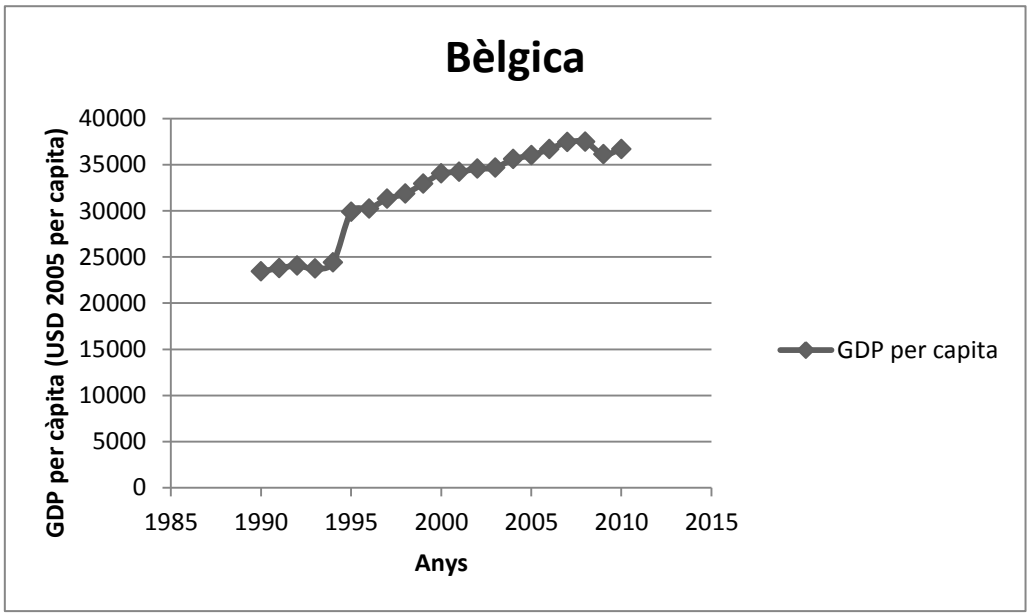


- ENERGY SUPPLY per GDP

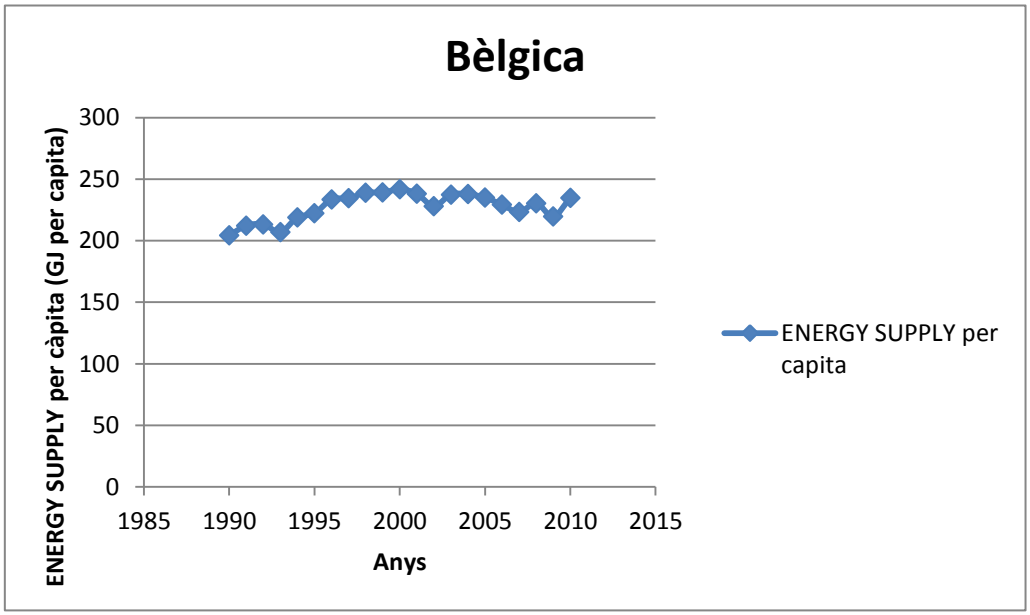


1.2.3. Bèlgica

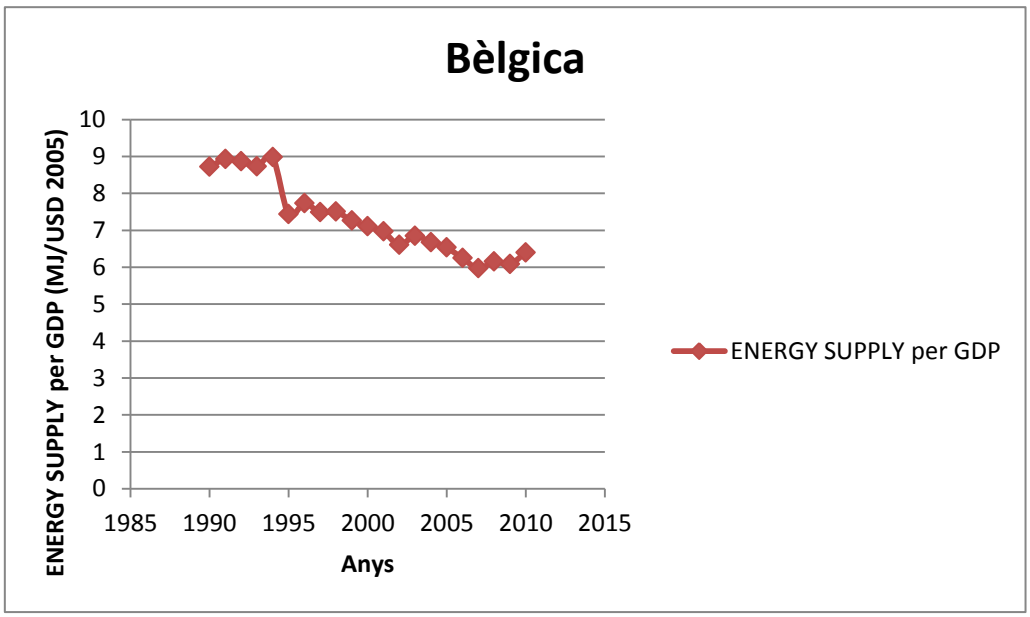
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

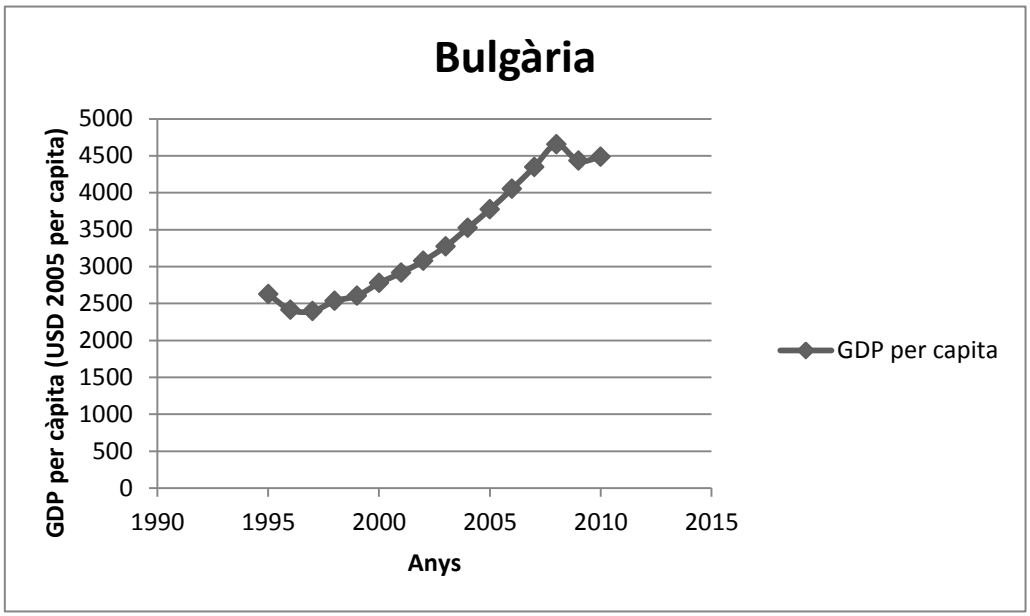


- ENERGY SUPPLY per GDP

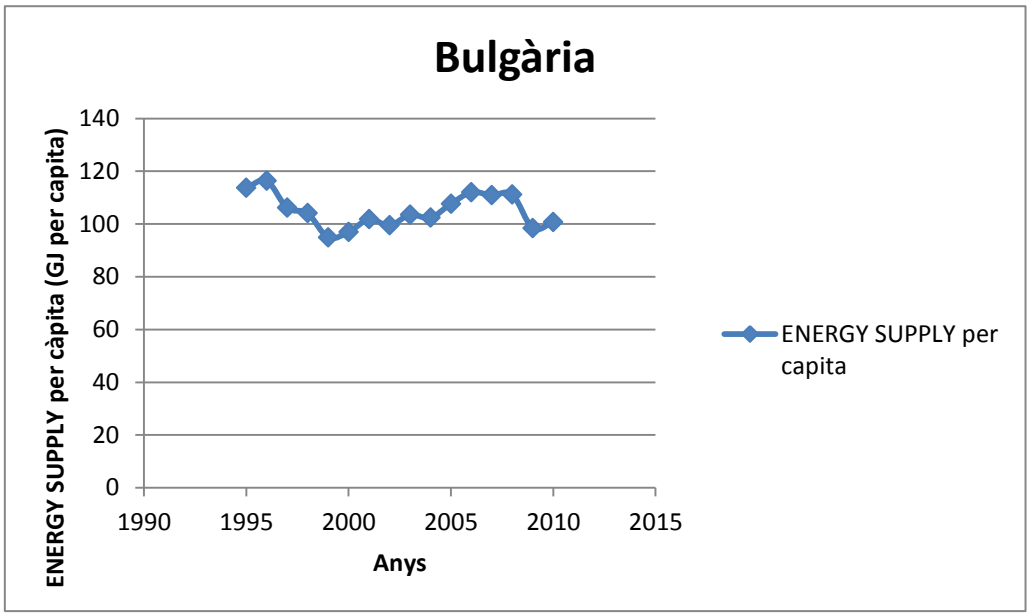


1.2.4. Bulgària

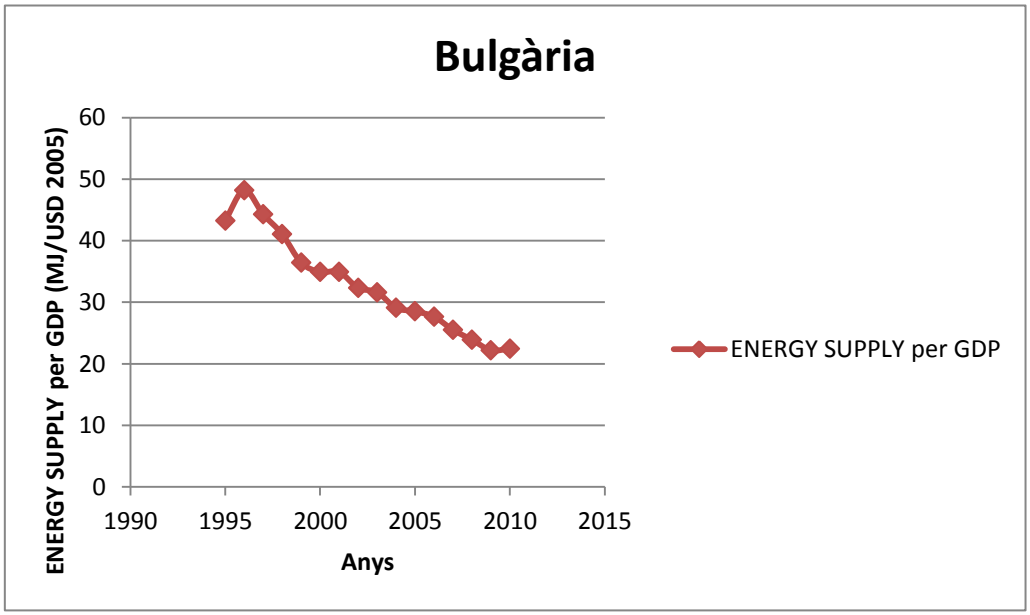
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

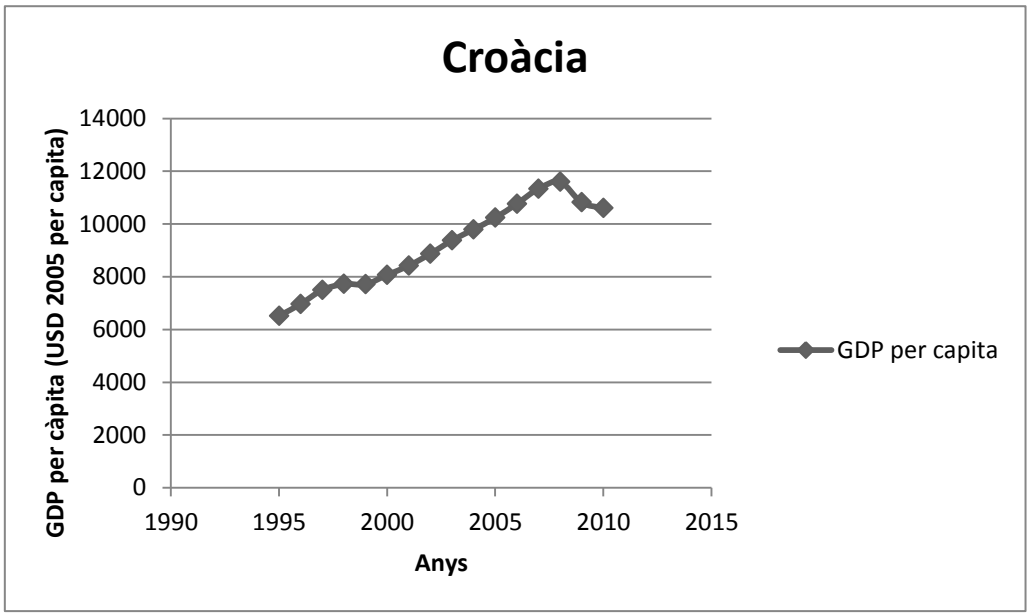


- ENERGY SUPPLY per GDP

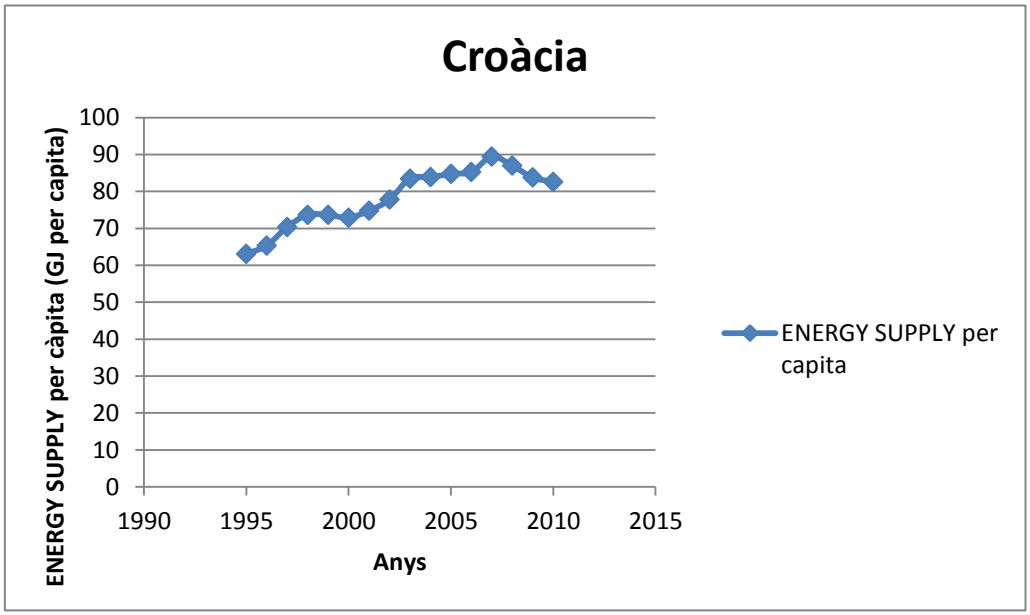


1.2.5. Croàcia

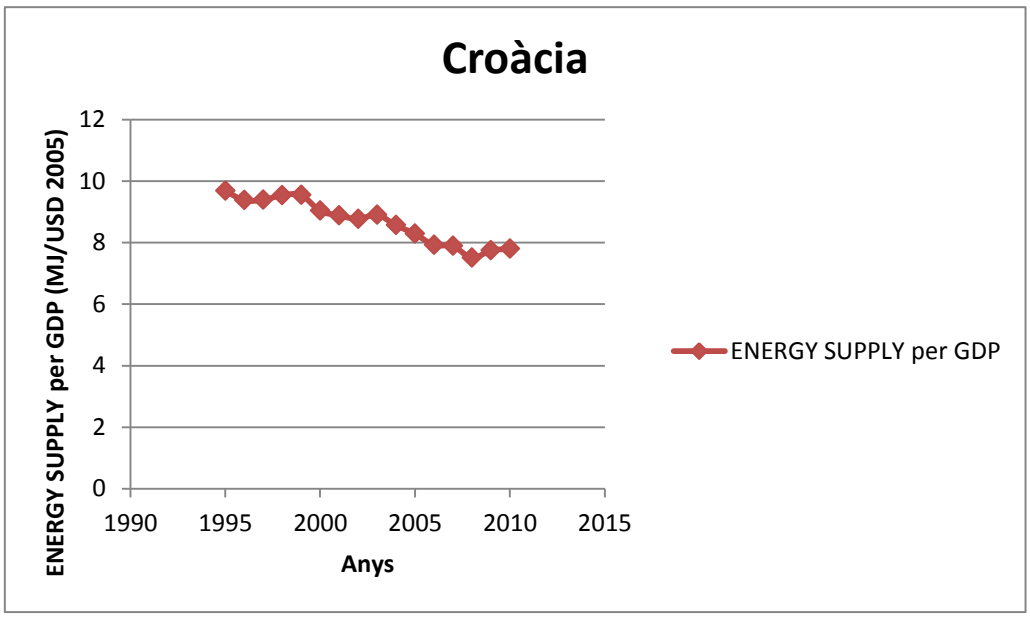
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

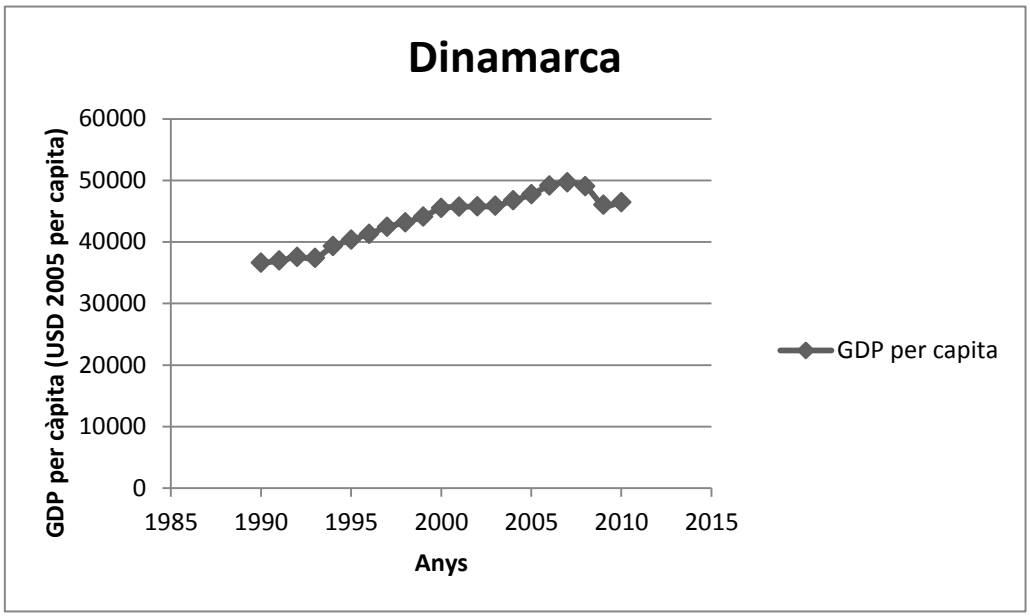


- ENERGY SUPPLY per GDP

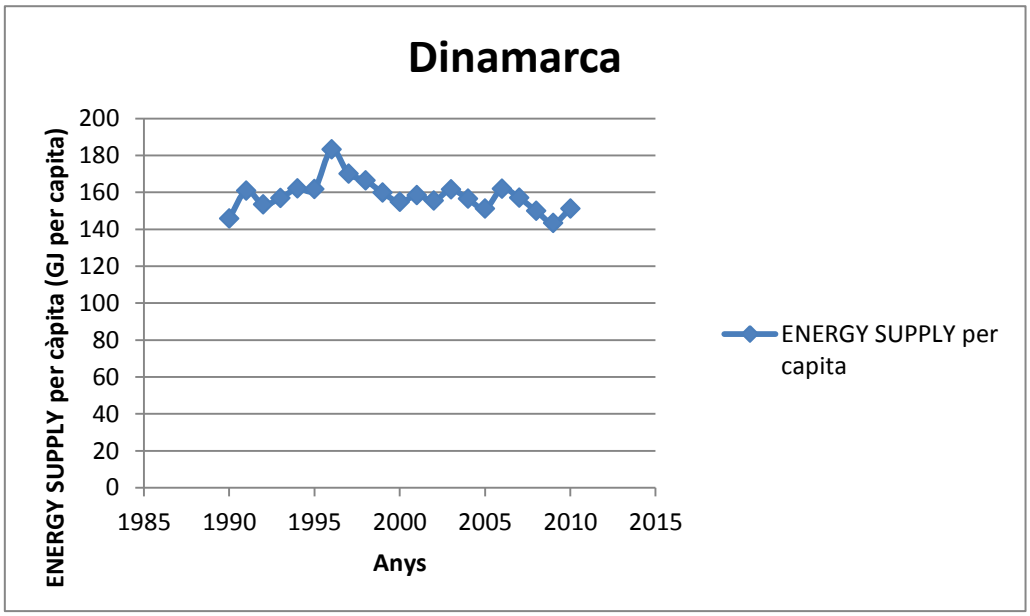


1.2.6. Dinamarca

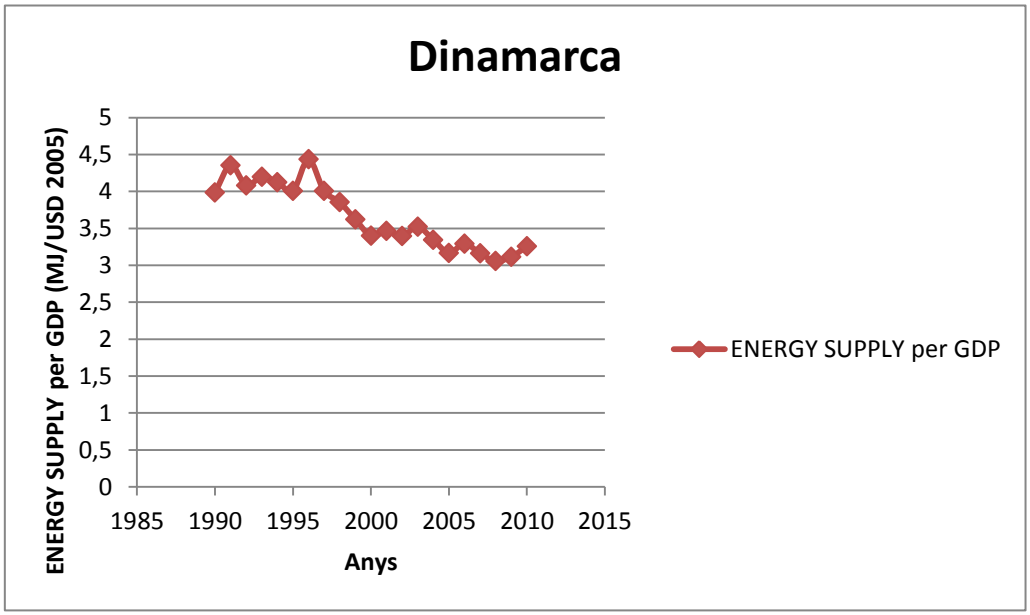
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

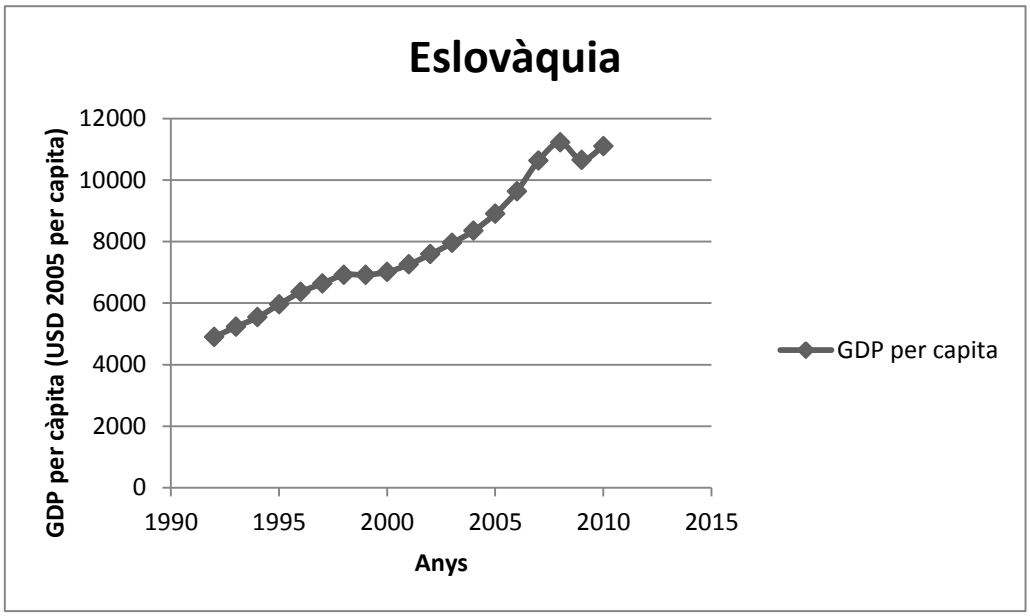


- ENERGY SUPPLY per GDP

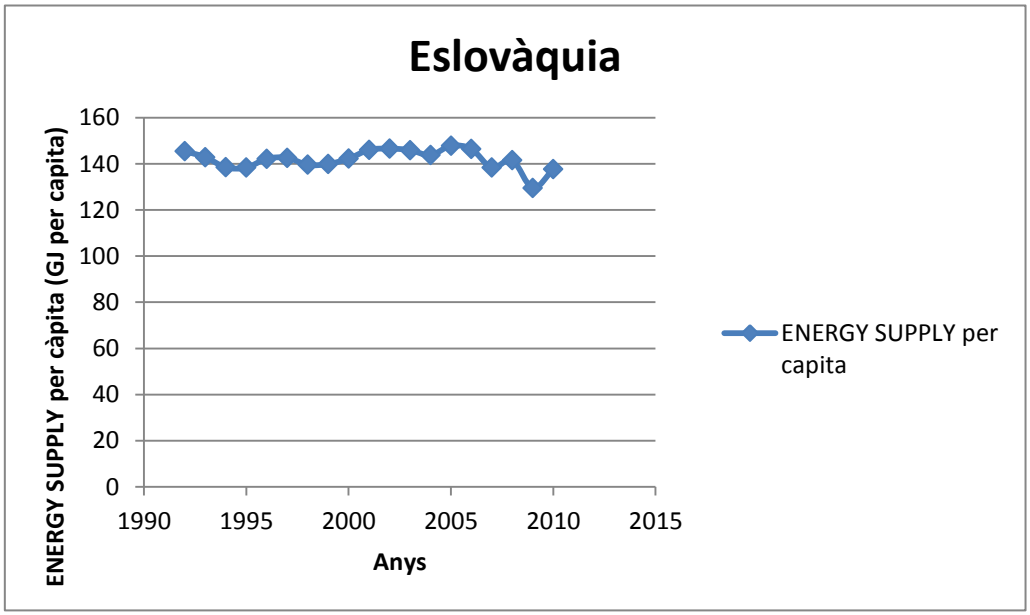


1.2.7. Eslovàquia

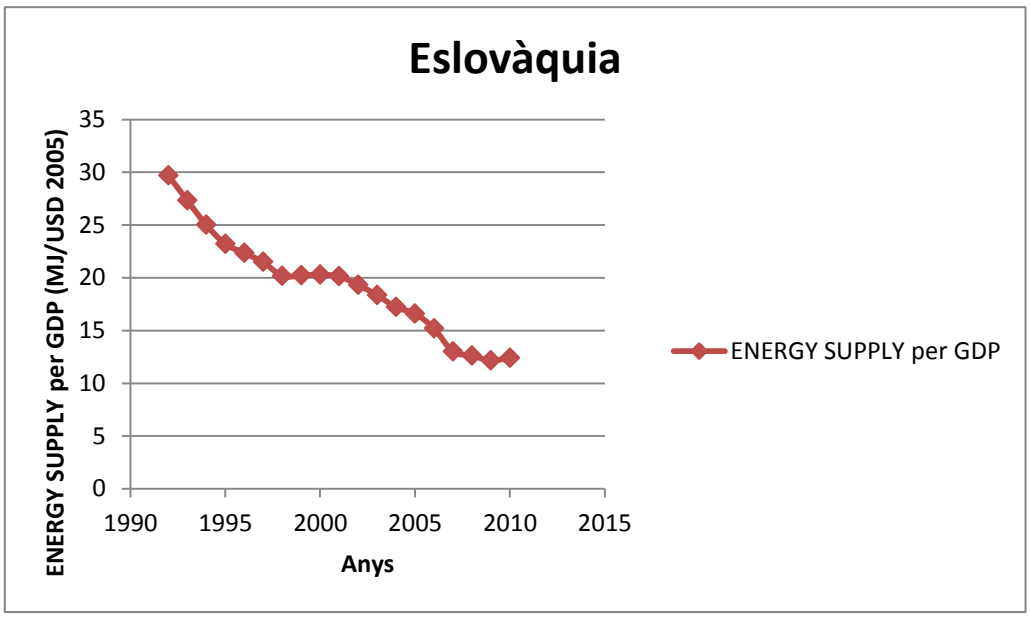
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

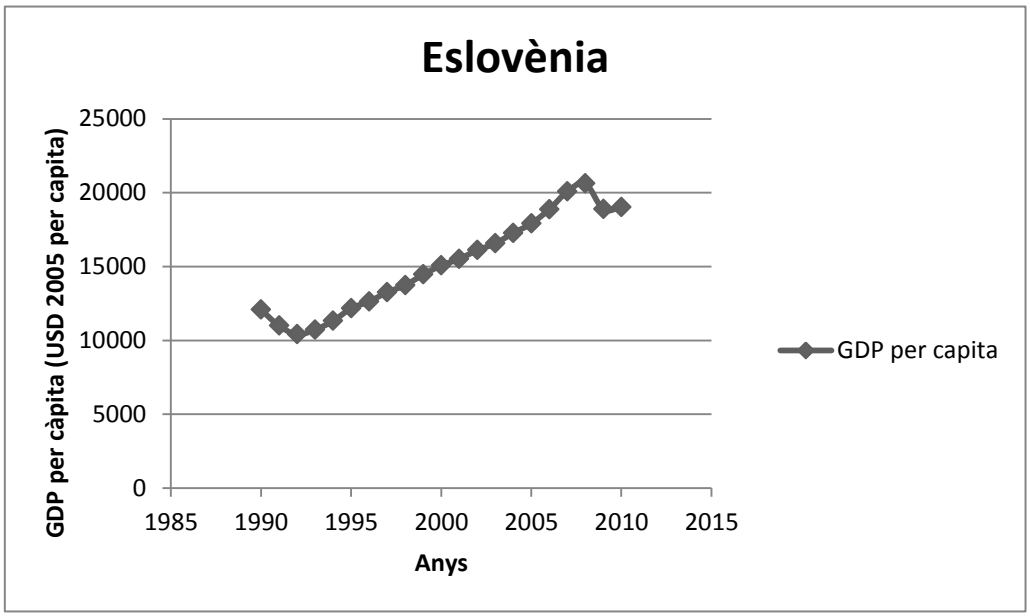


- ENERGY SUPPLY per GDP

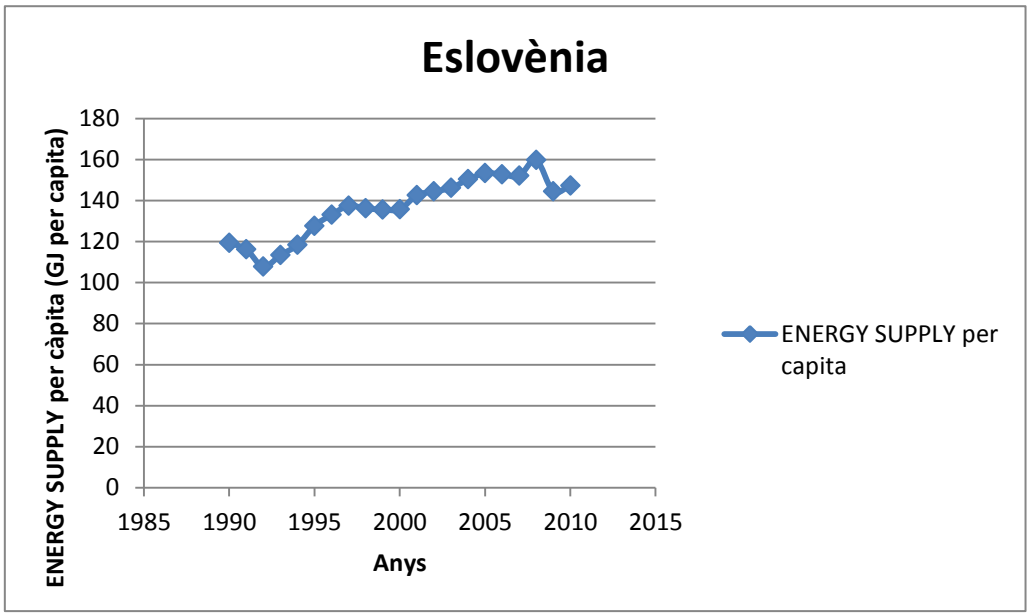


1.2.8. Eslovènia

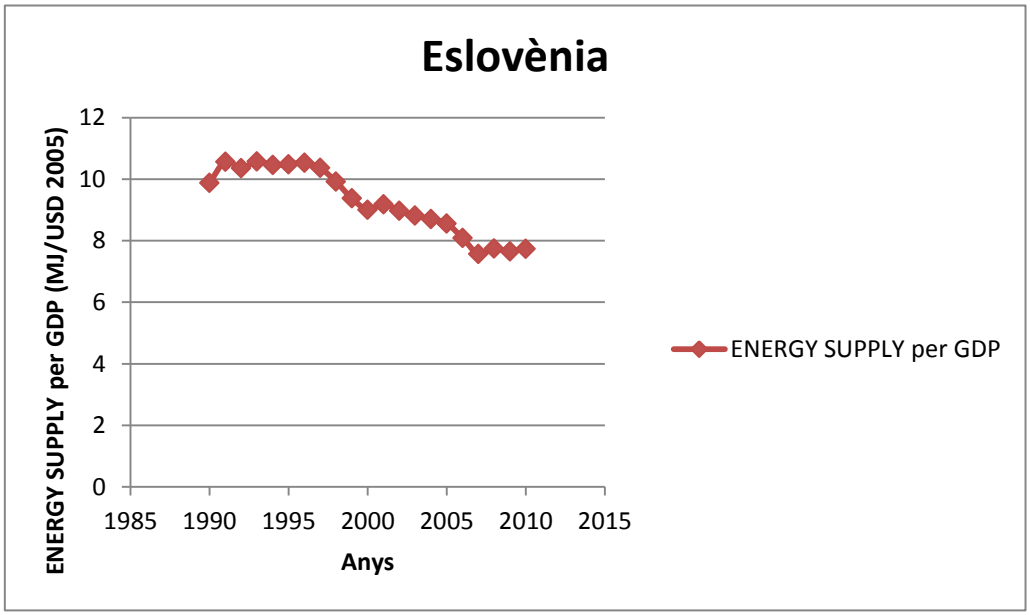
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

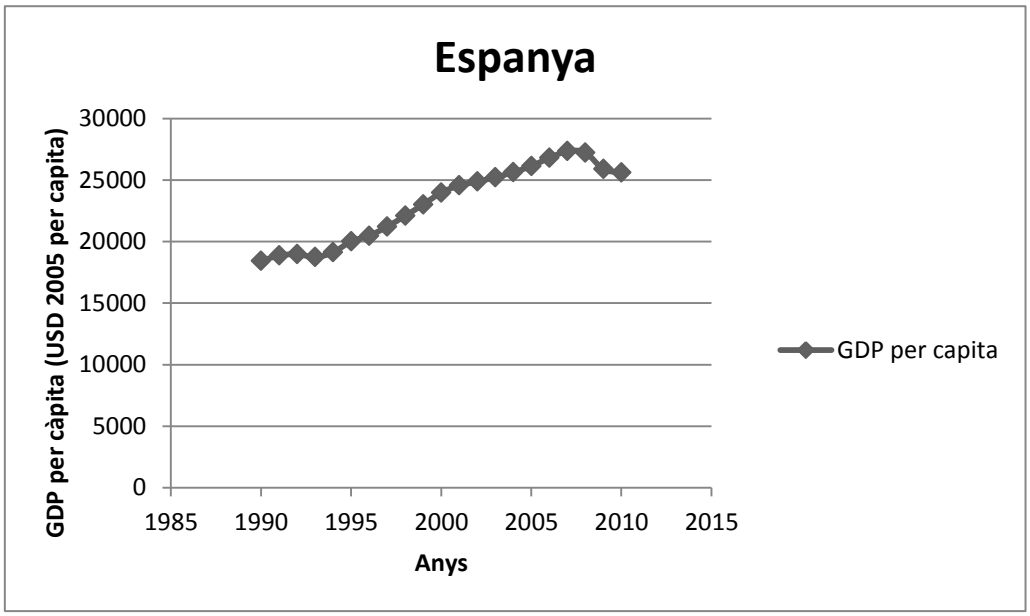


- ENERGY SUPPLY per GDP

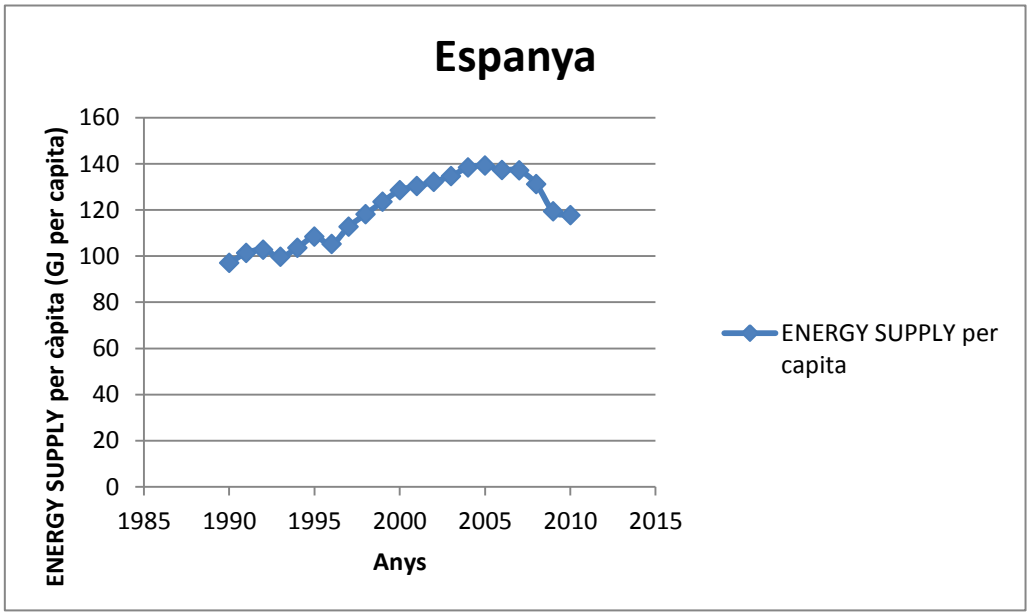


1.2.9. Espanya

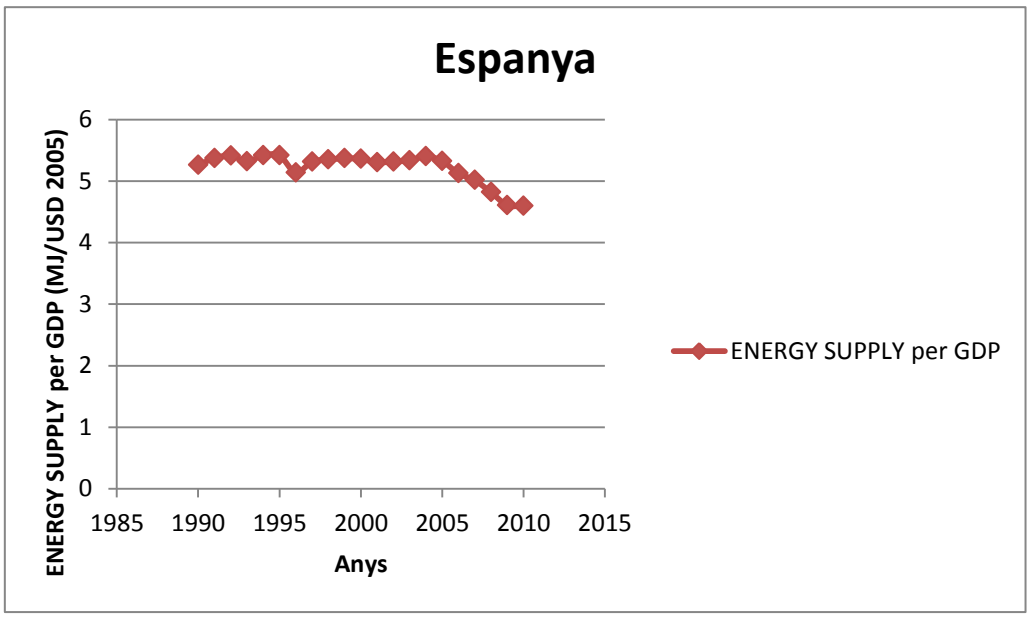
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

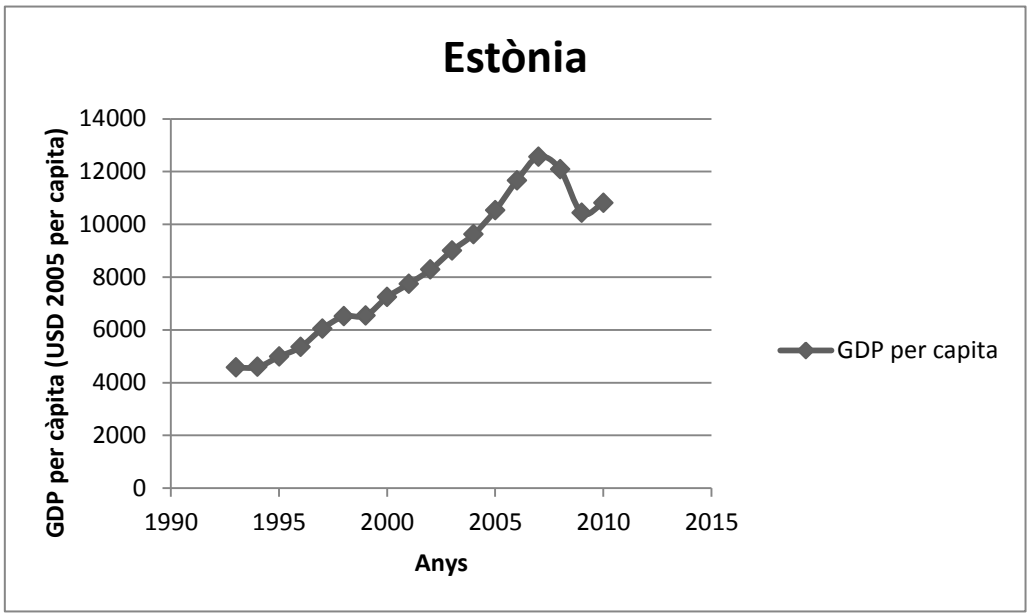


- ENERGY SUPPLY per GDP

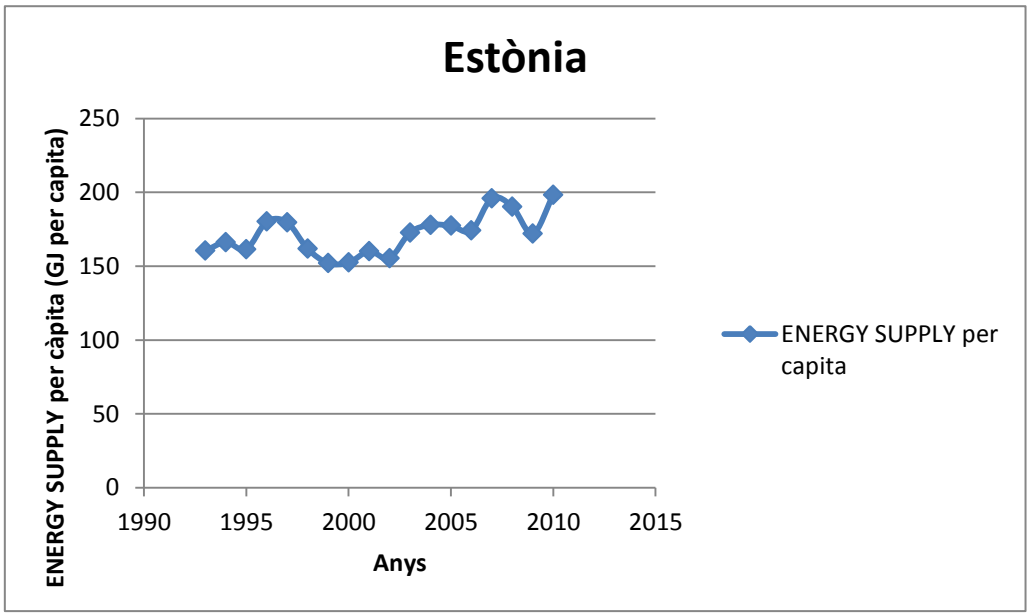


1.2.10. Estònia

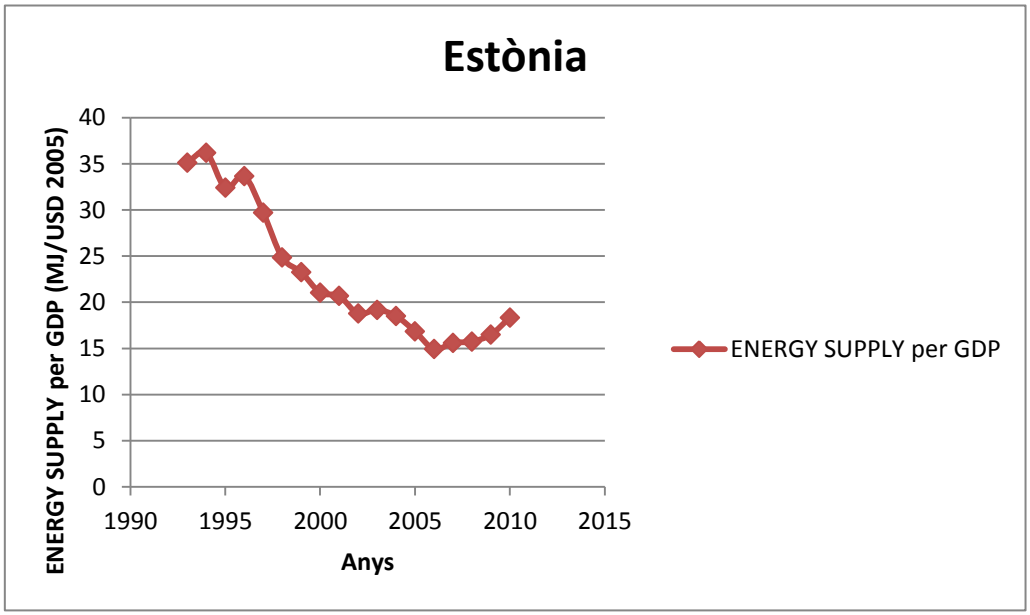
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

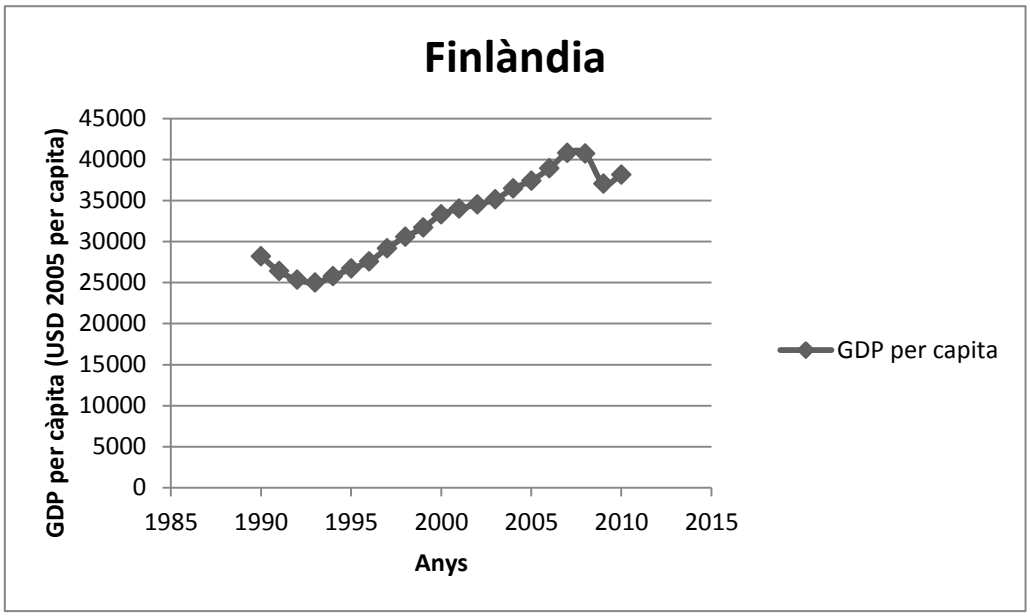


- ENERGY SUPPLY per GDP

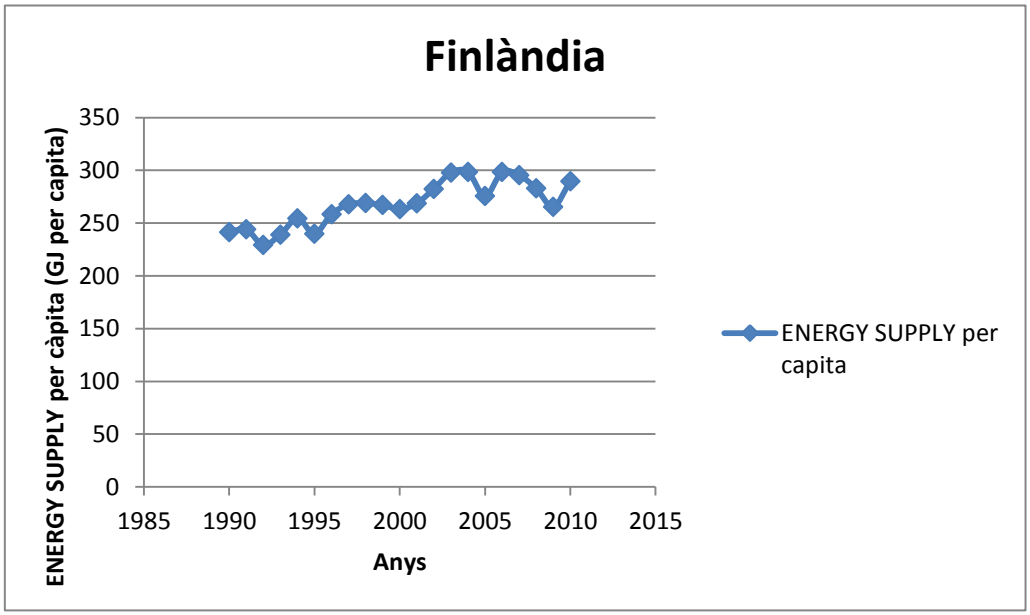


1.2.11. Finlàndia

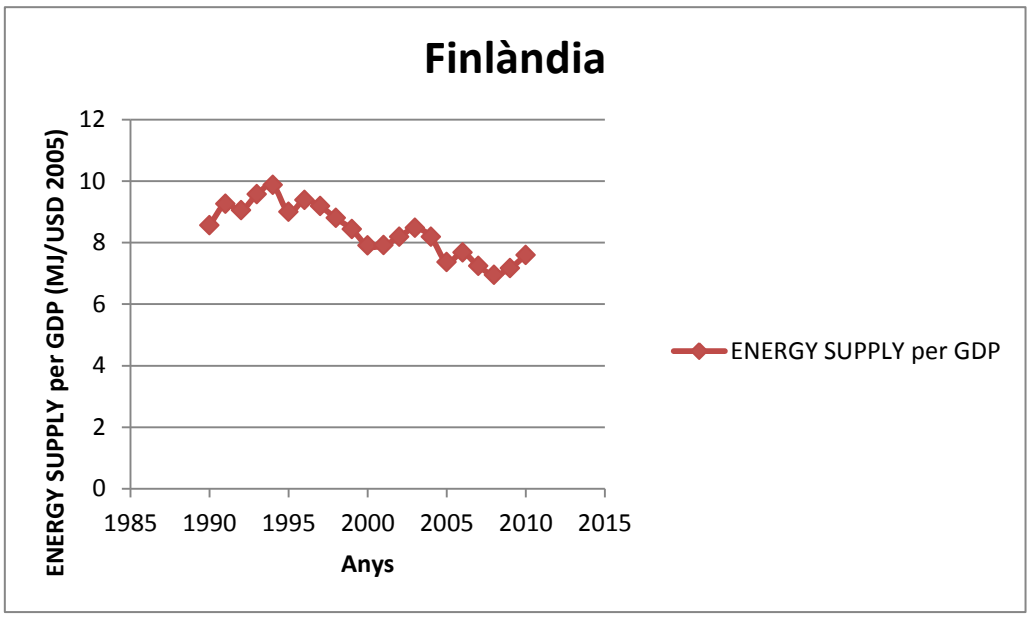
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

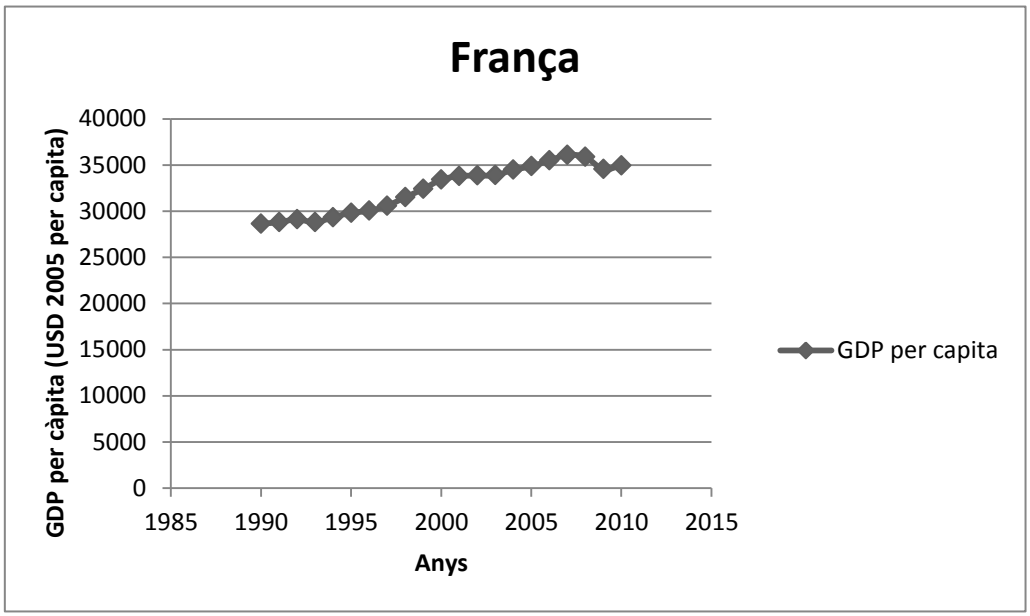


- ENERGY SUPPLY per GDP

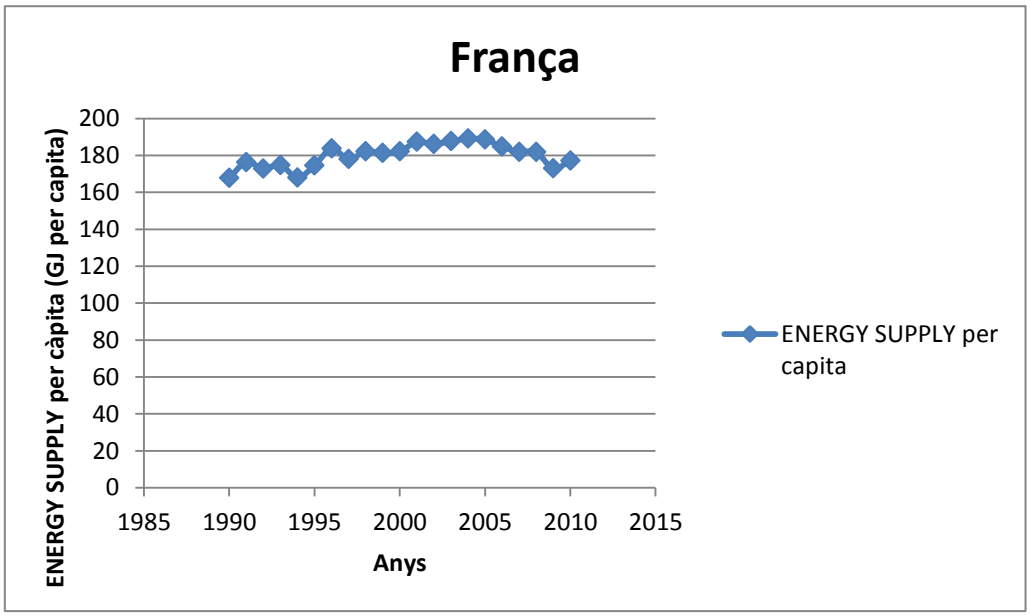


1.2.12. França

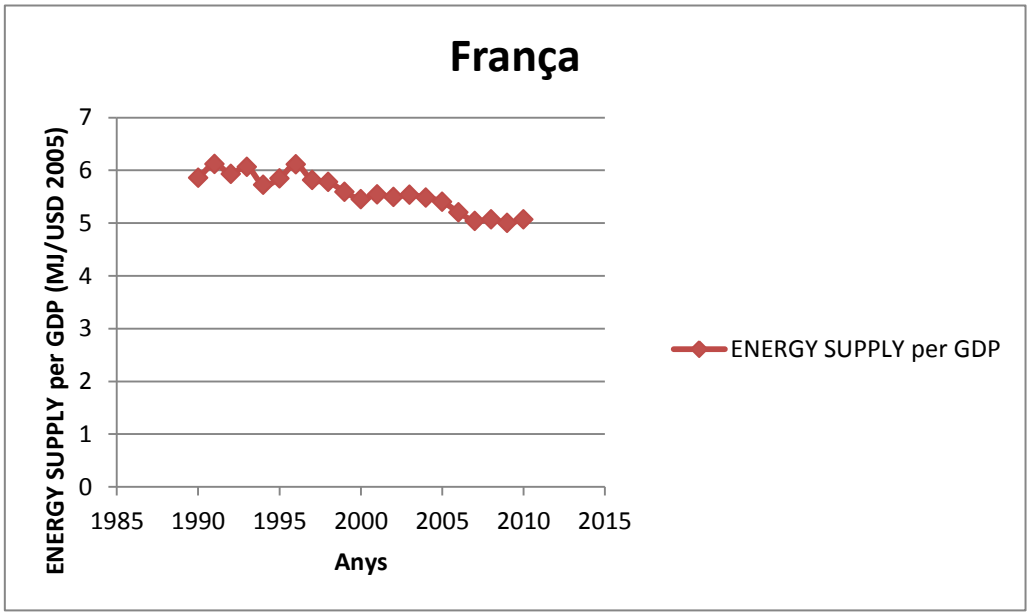
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

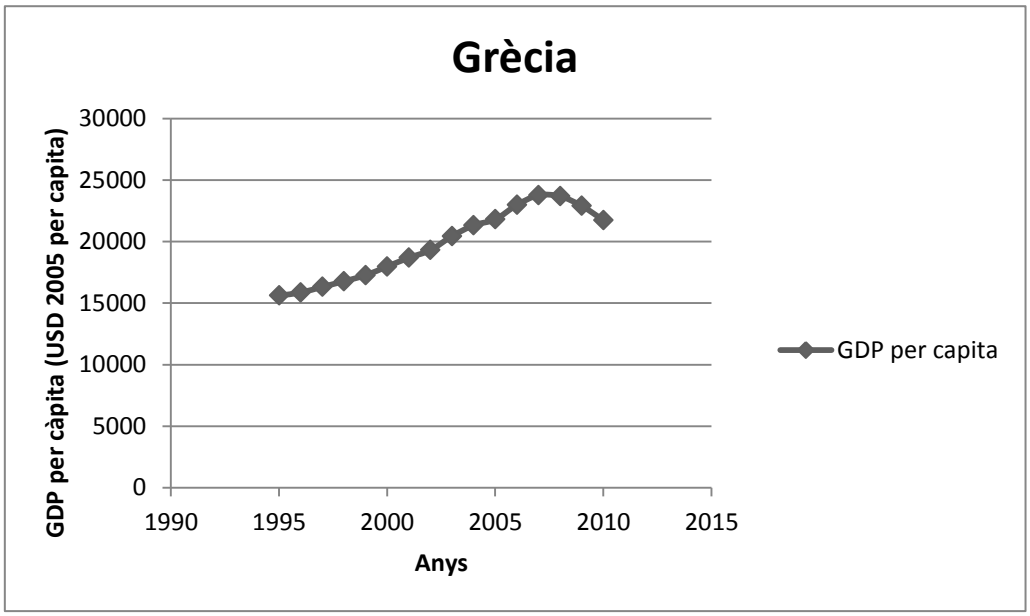


- ENERGY SUPPLY per GDP

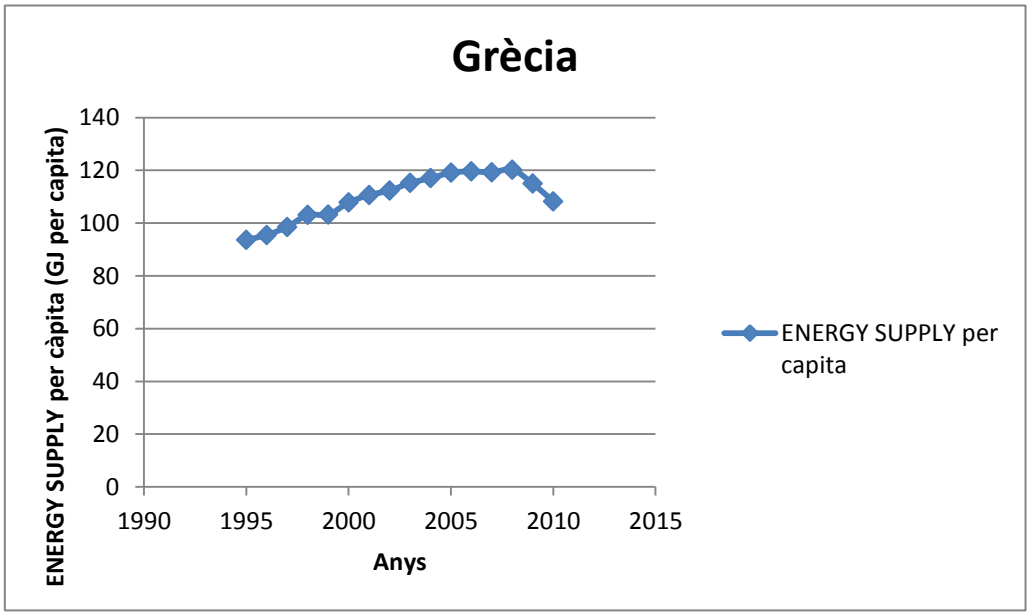


1.2.13. Grècia

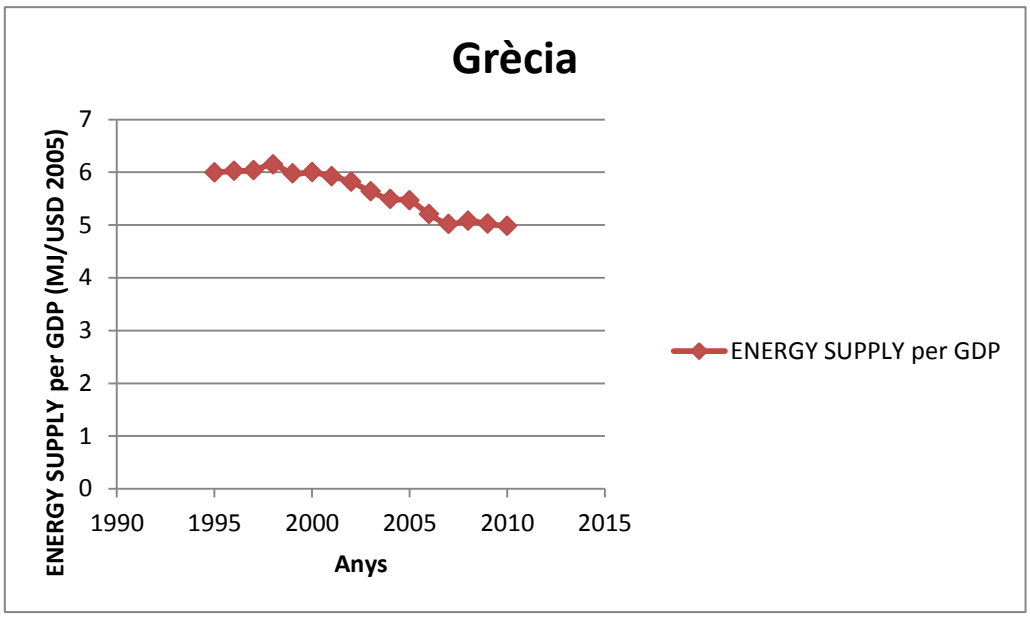
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

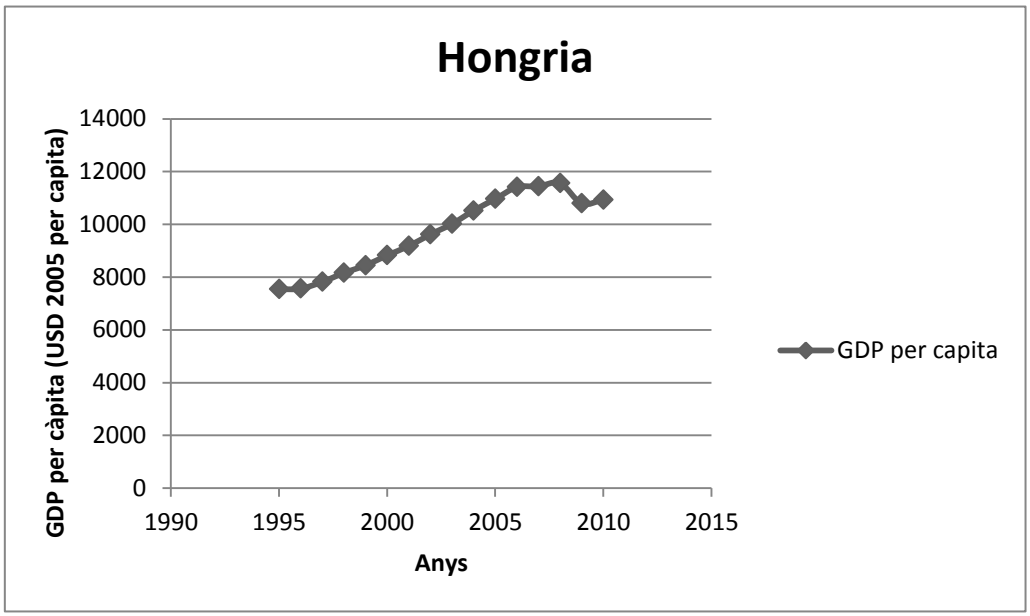


- ENERGY SUPPLY per GDP

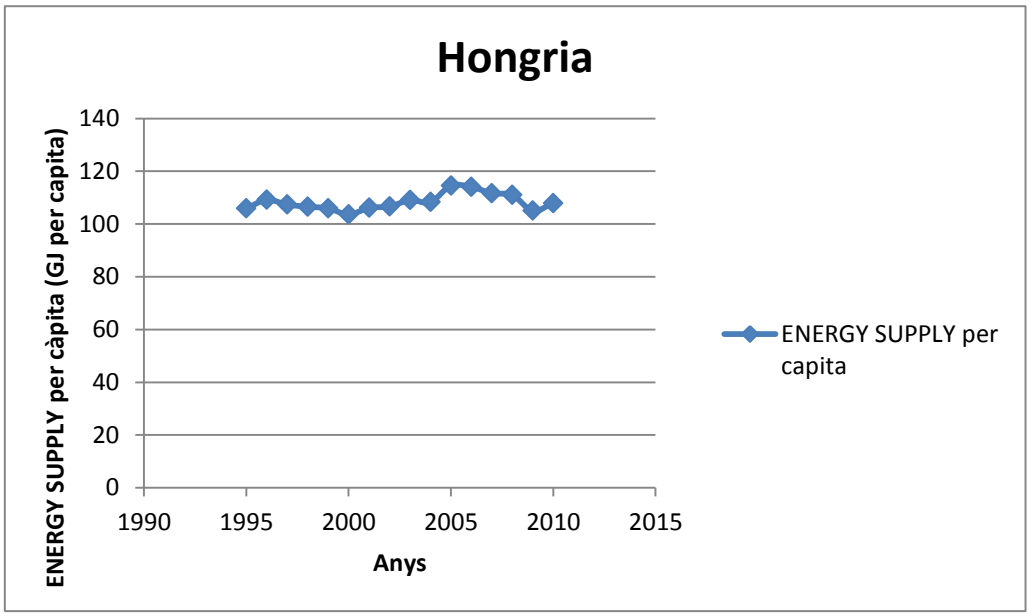


1.2.14. Hongria

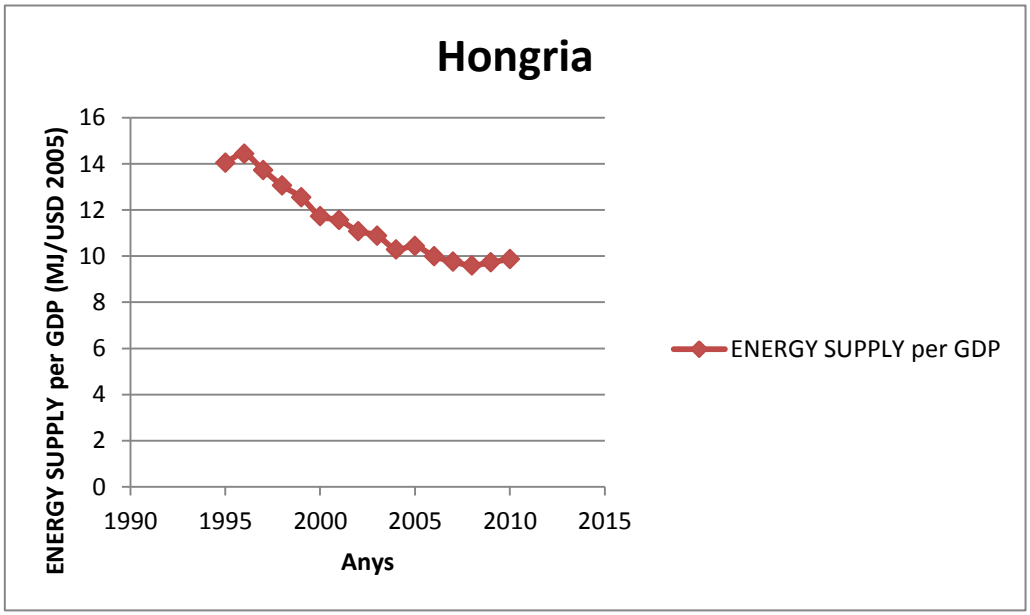
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

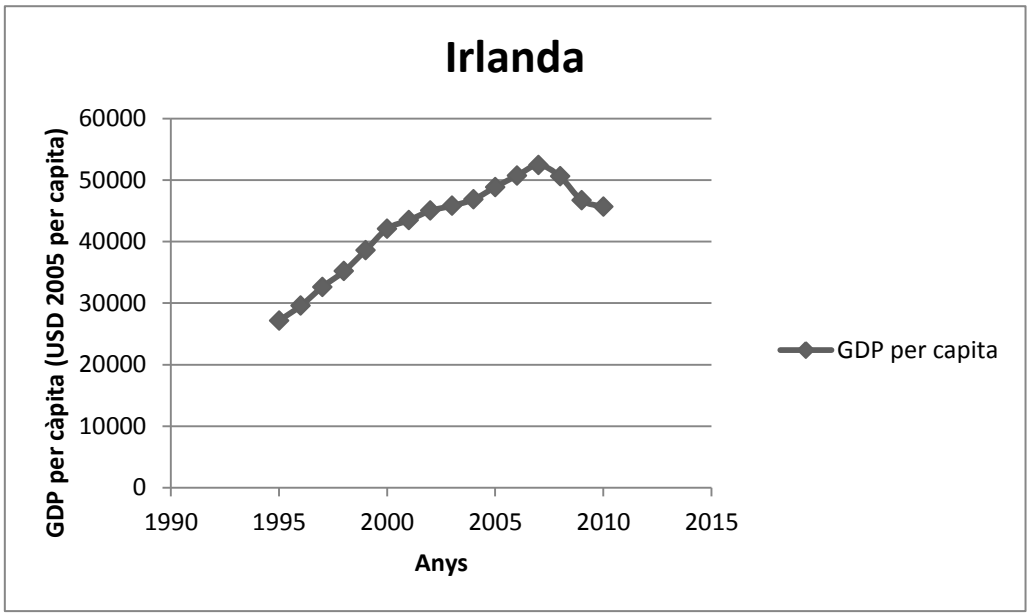


- ENERGY SUPPLY per GDP

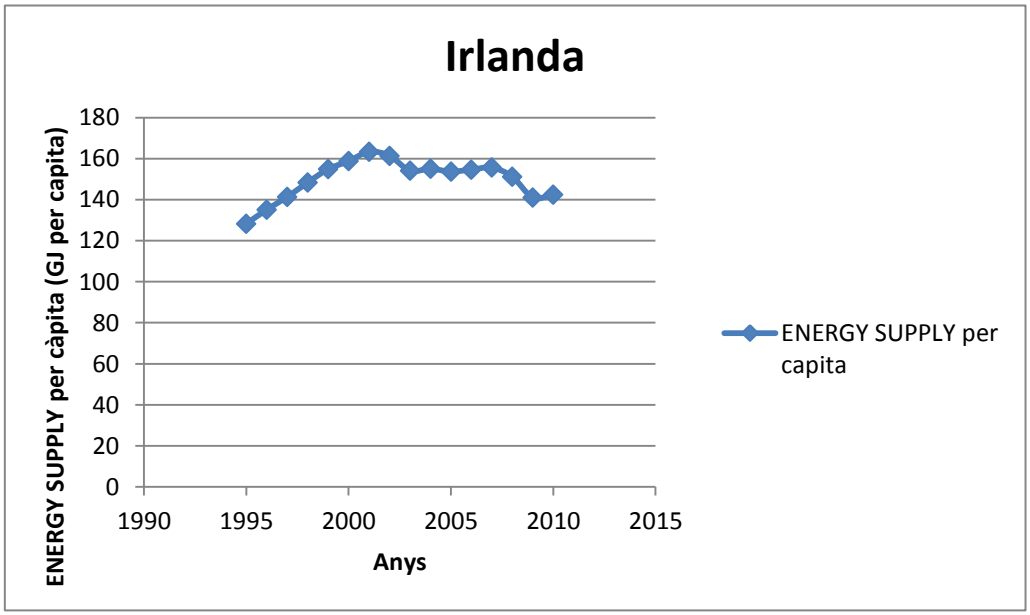


1.2.15. Irlanda

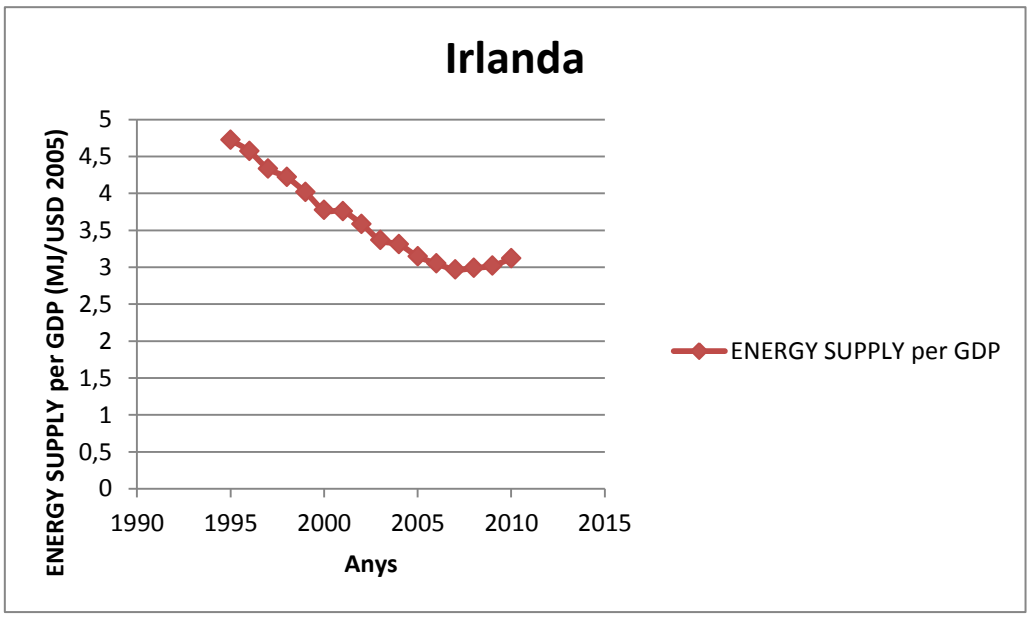
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

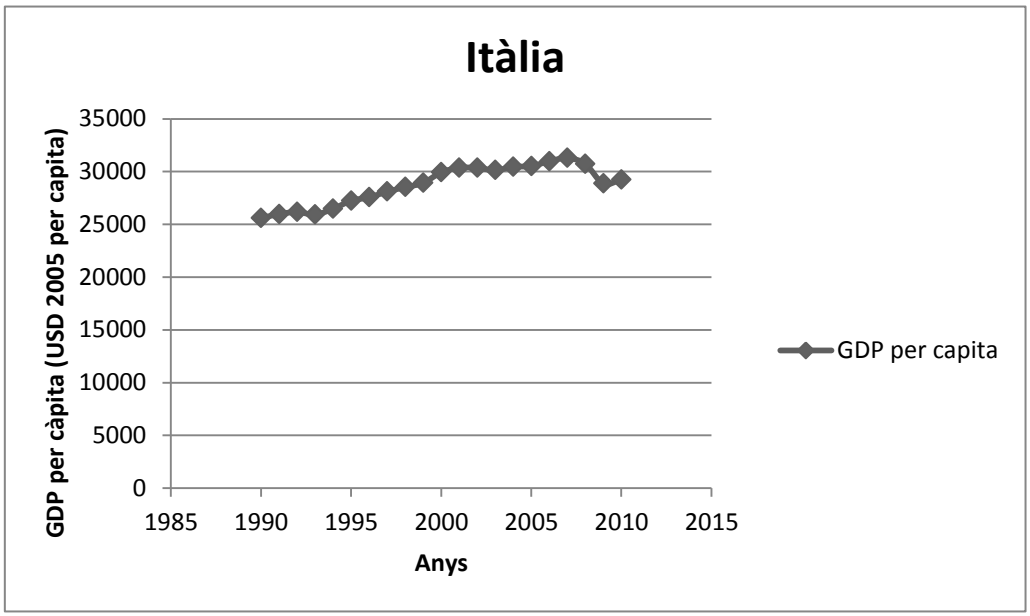


- ENERGY SUPPLY per GDP

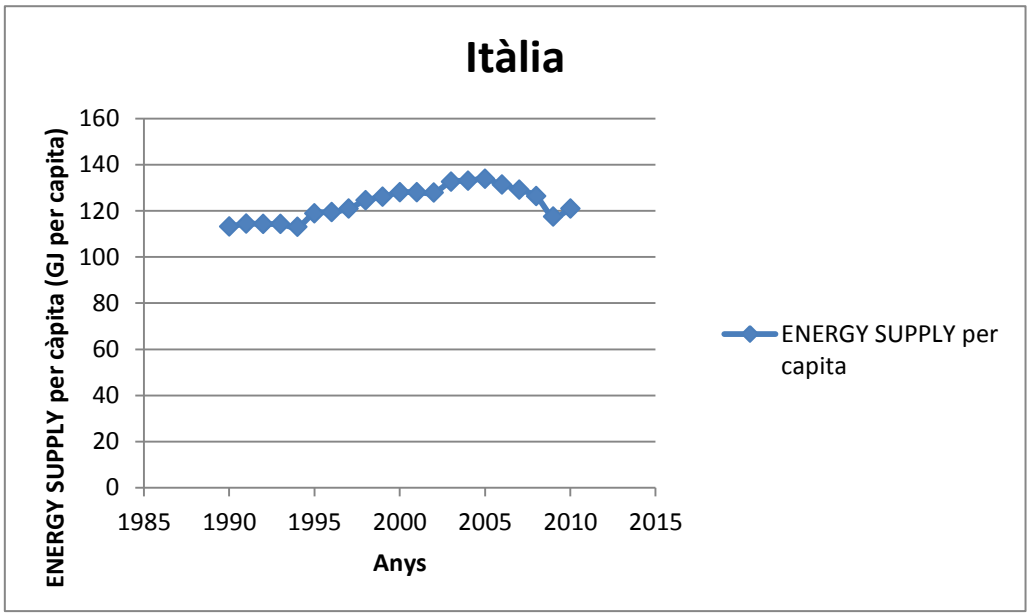


1.2.16. Itàlia

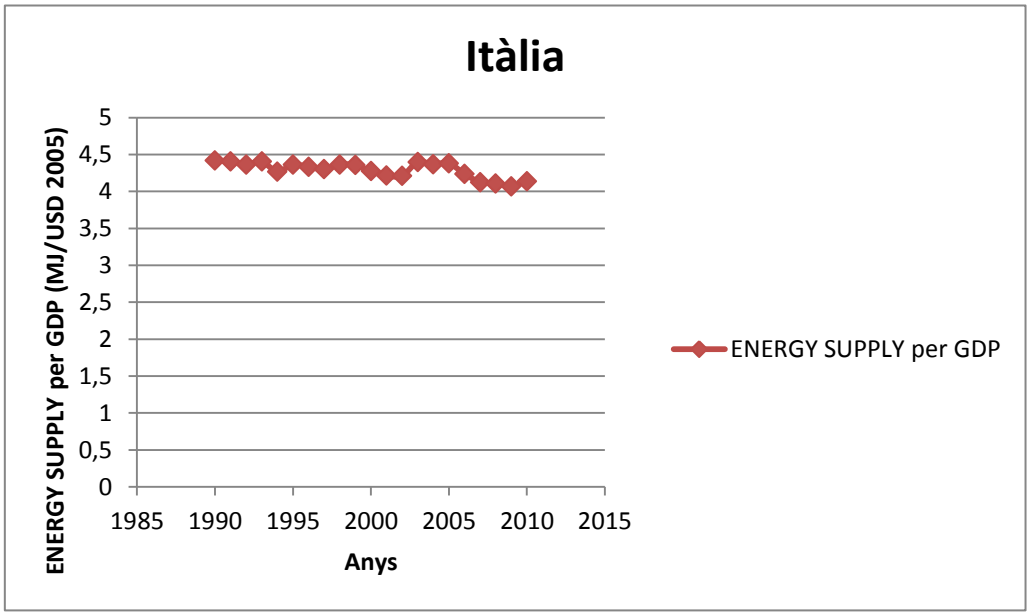
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

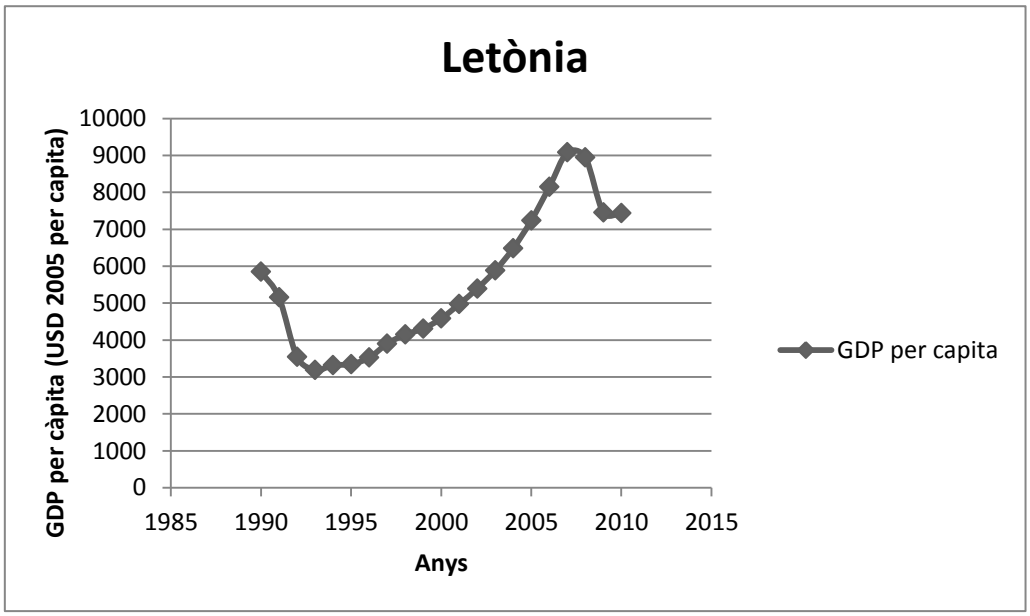


- ENERGY SUPPLY per GDP

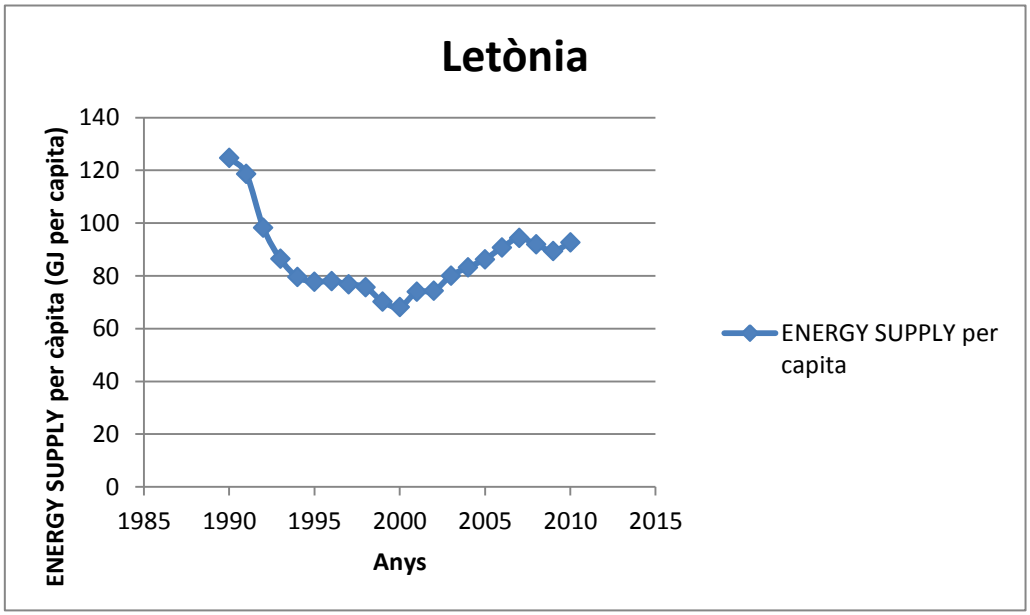


1.2.17. Letònia

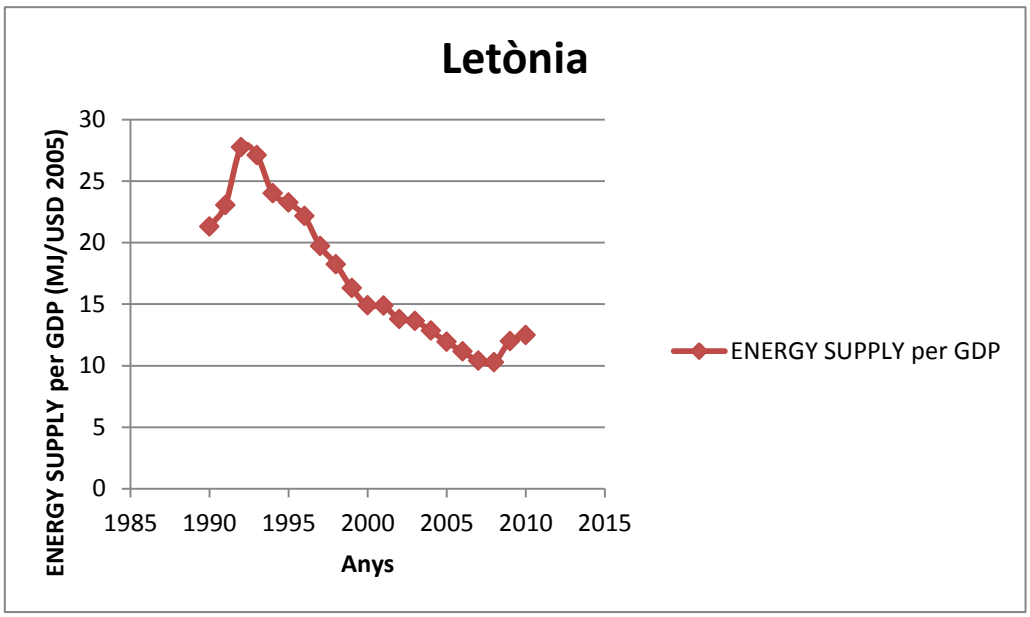
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

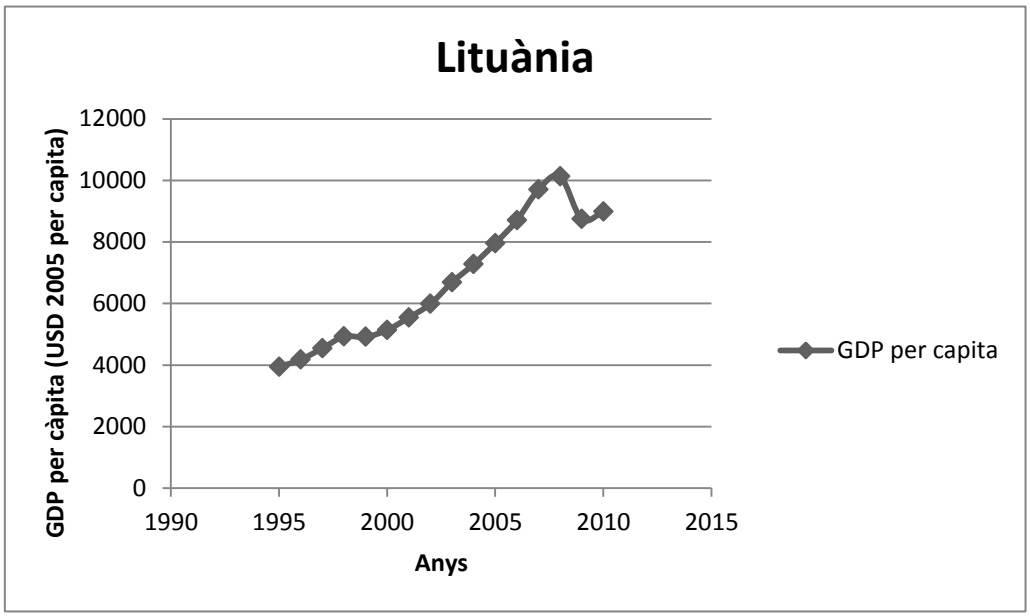


- ENERGY SUPPLY per GDP

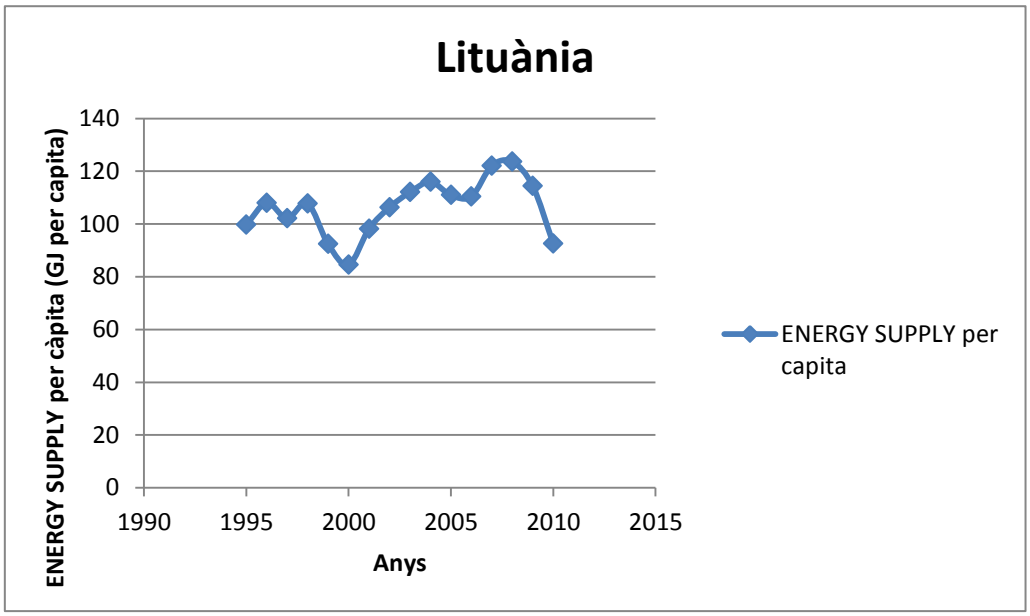


1.2.18. Lituània

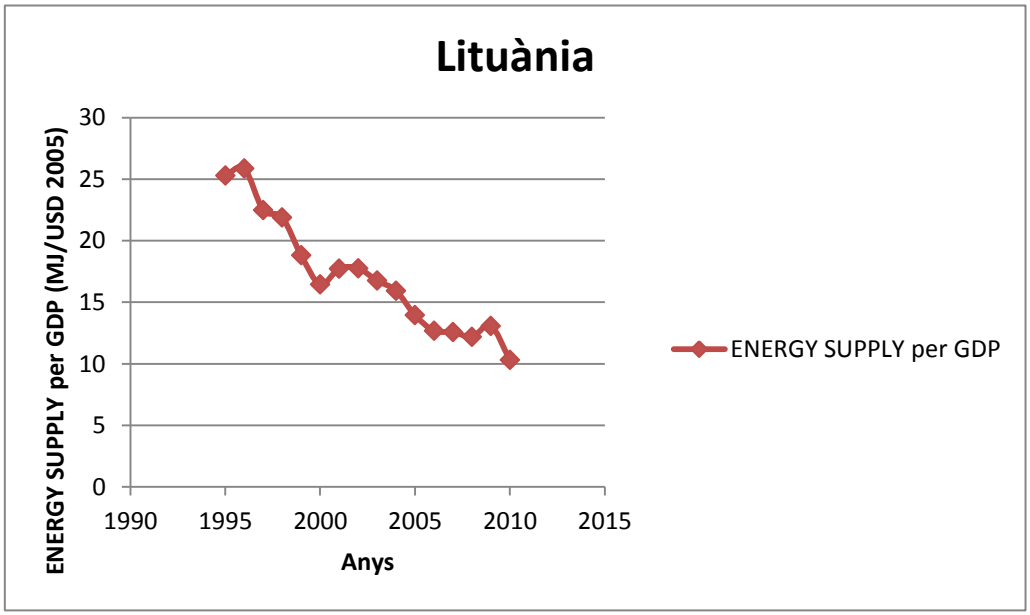
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

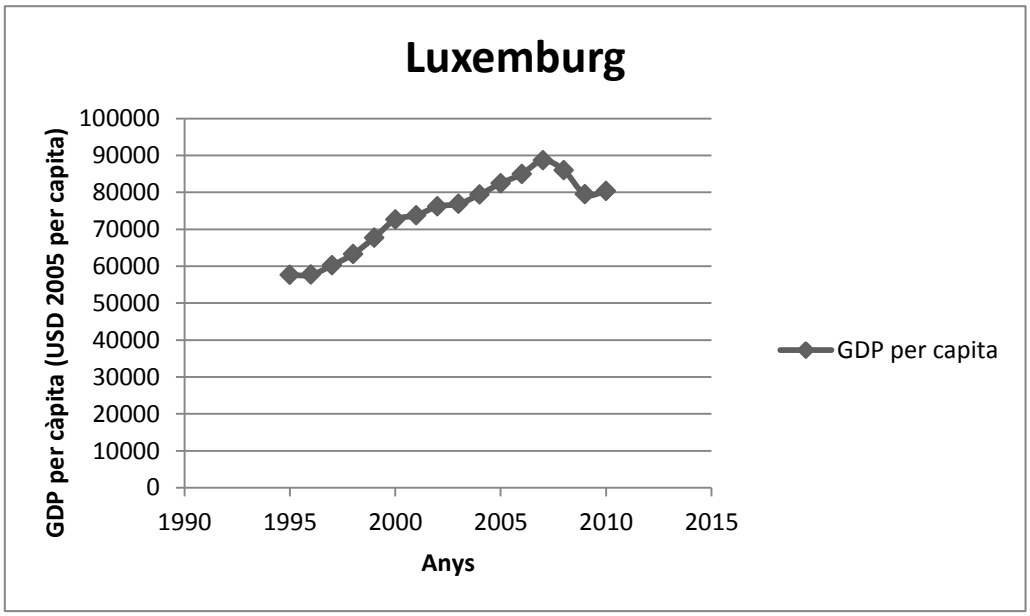


- ENERGY SUPPLY per GDP

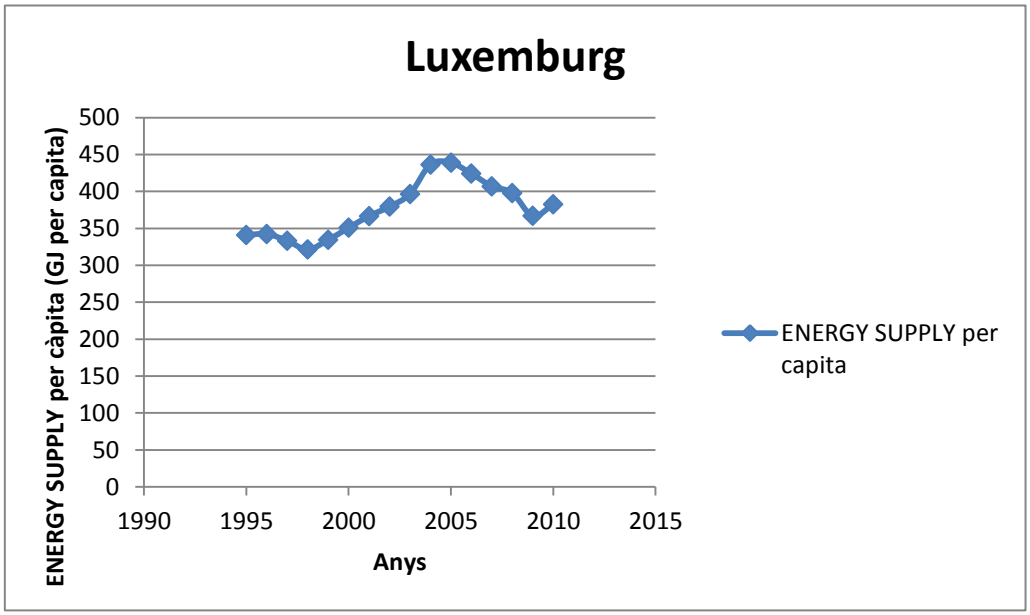


1.2.19. Luxemburg

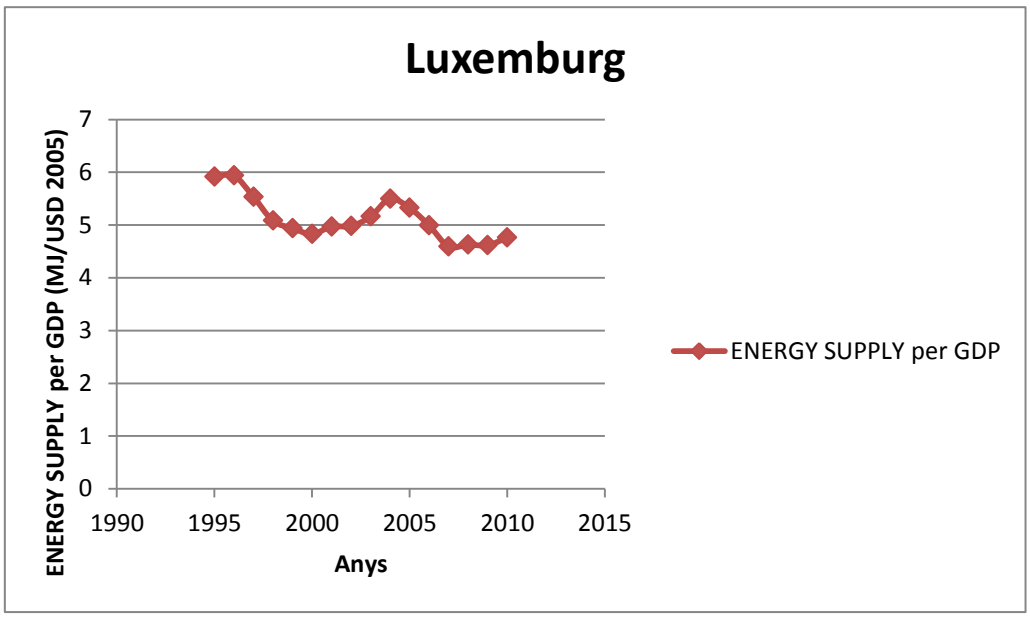
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

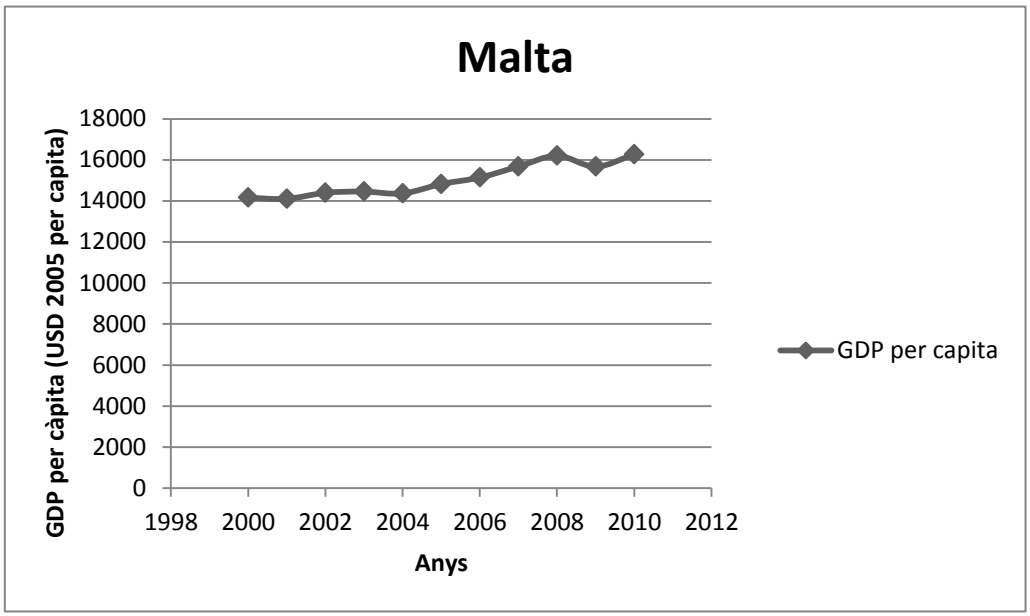


- ENERGY SUPPLY per GDP

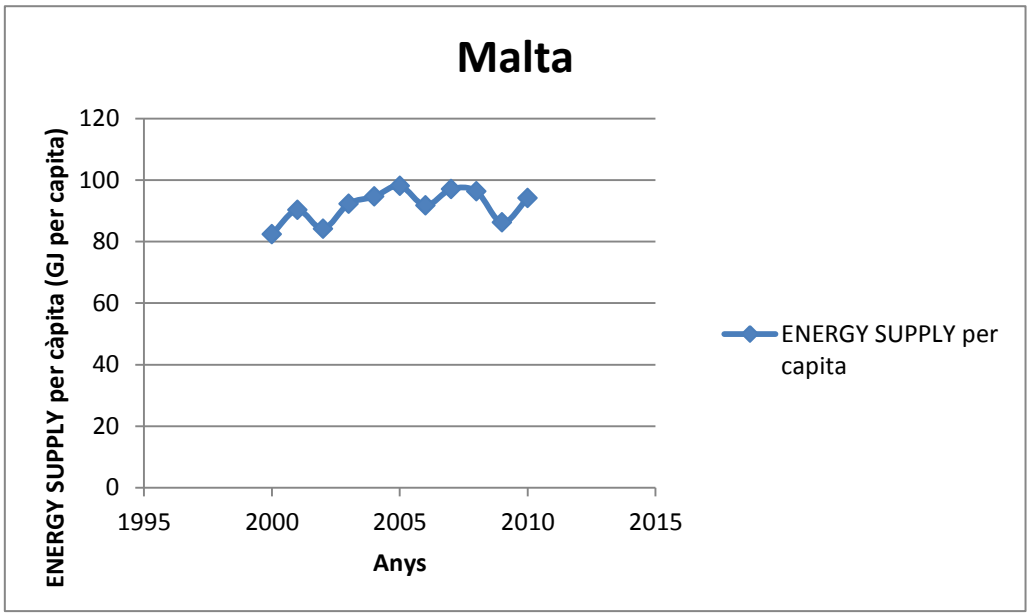


1.2.20. Malta

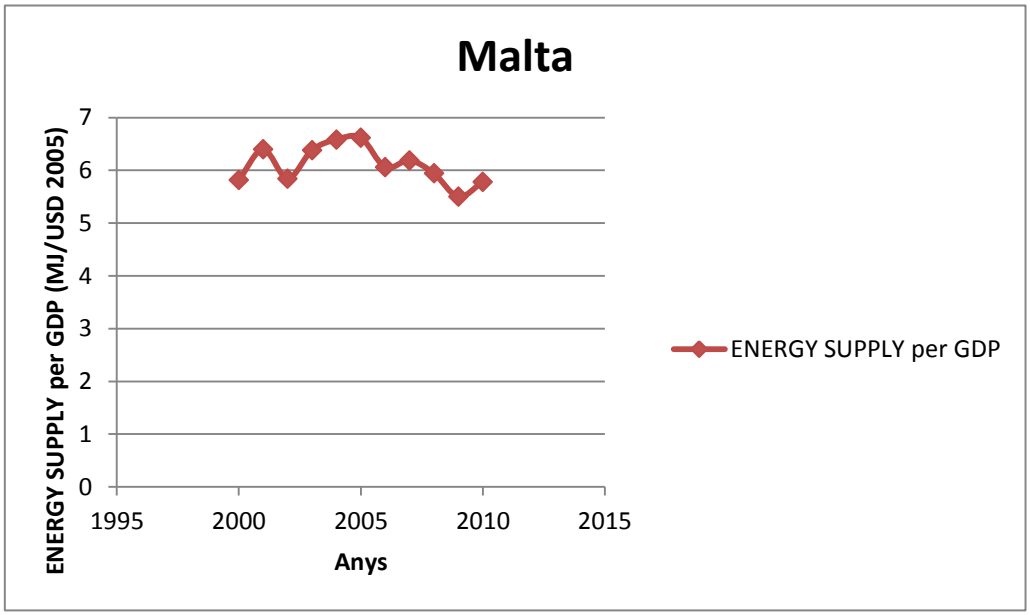
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

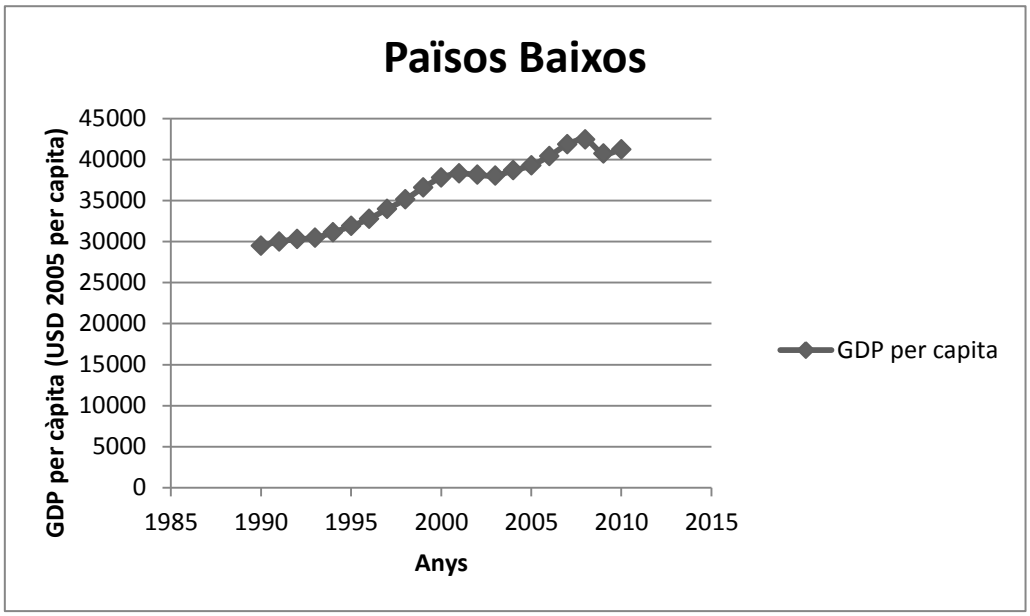


- ENERGY SUPPLY per GDP

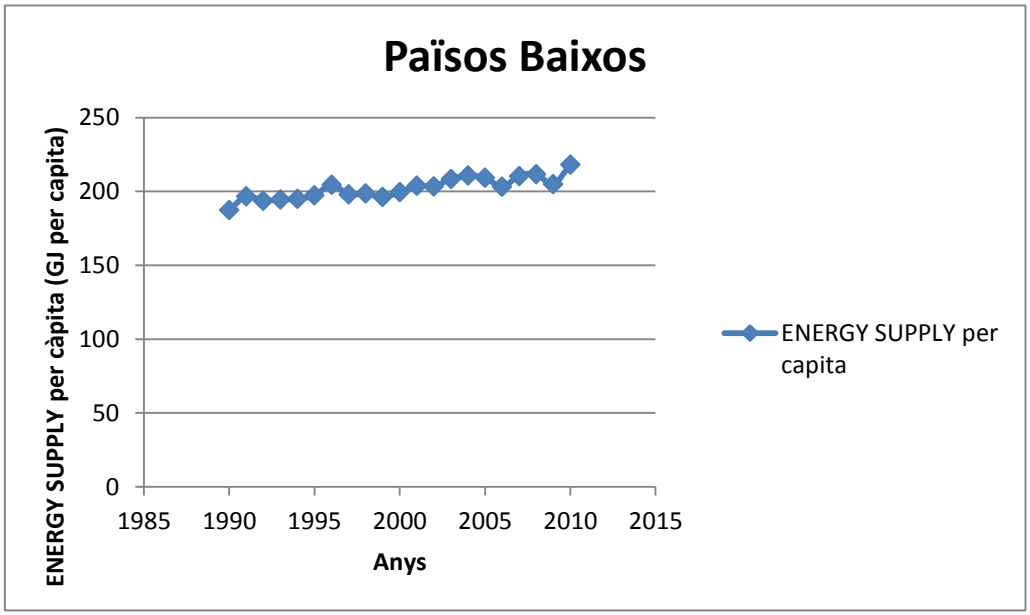


1.2.21. Països Baixos

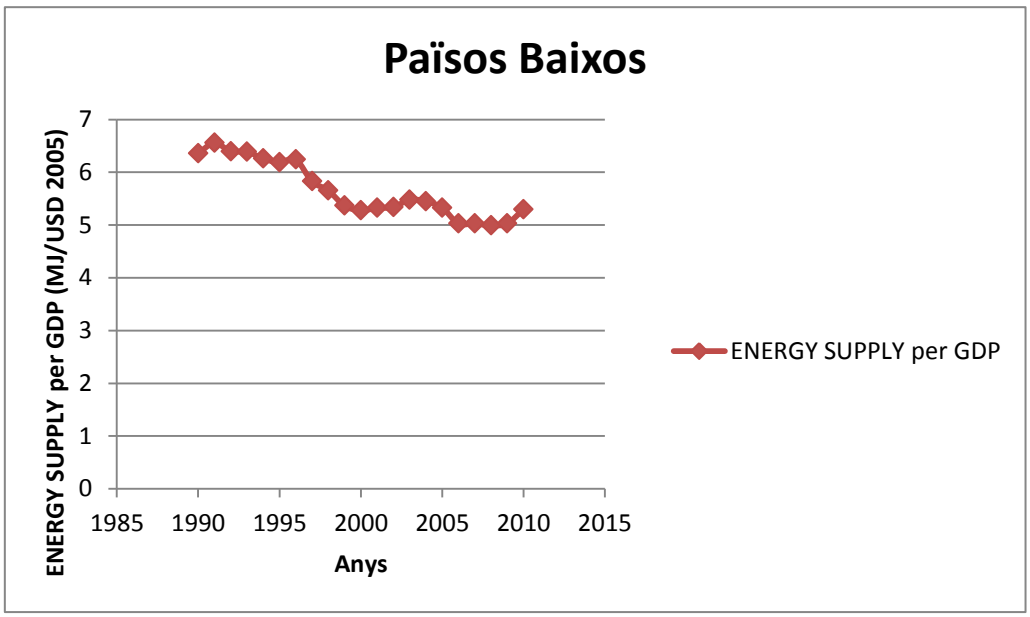
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

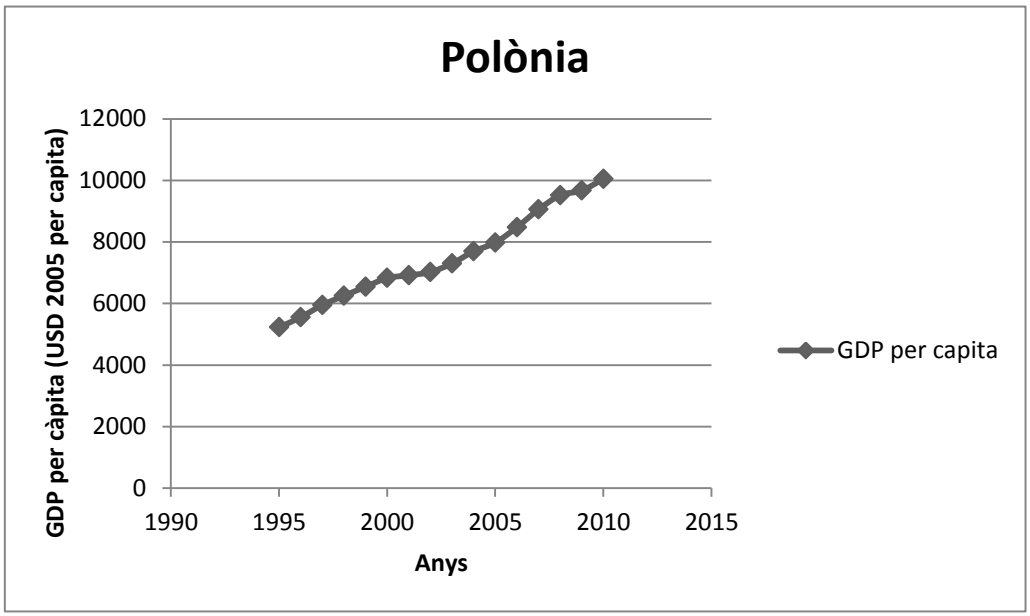


- ENERGY SUPPLY per GDP

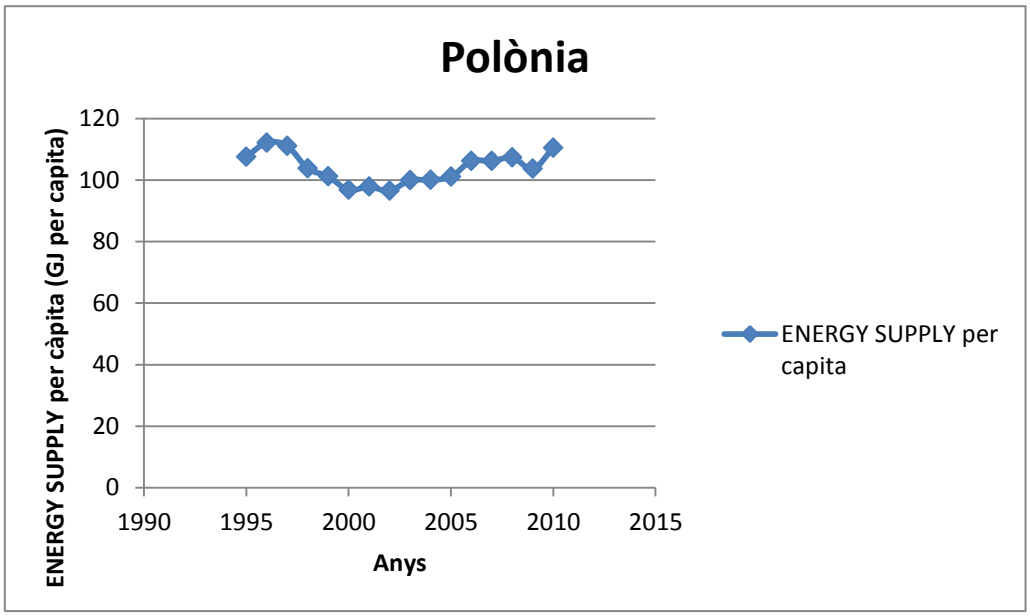


1.2.22. Polònia

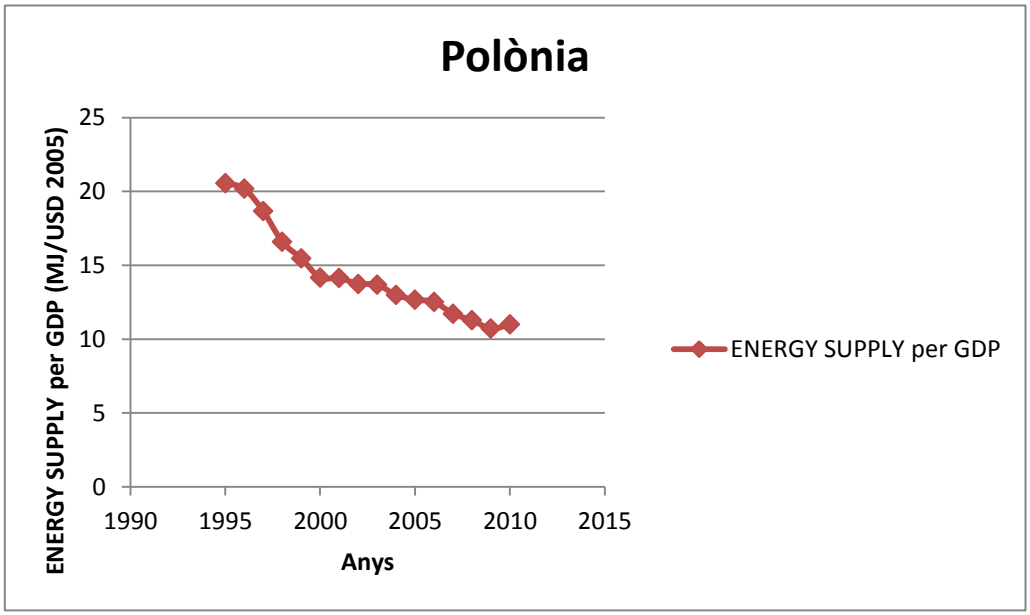
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

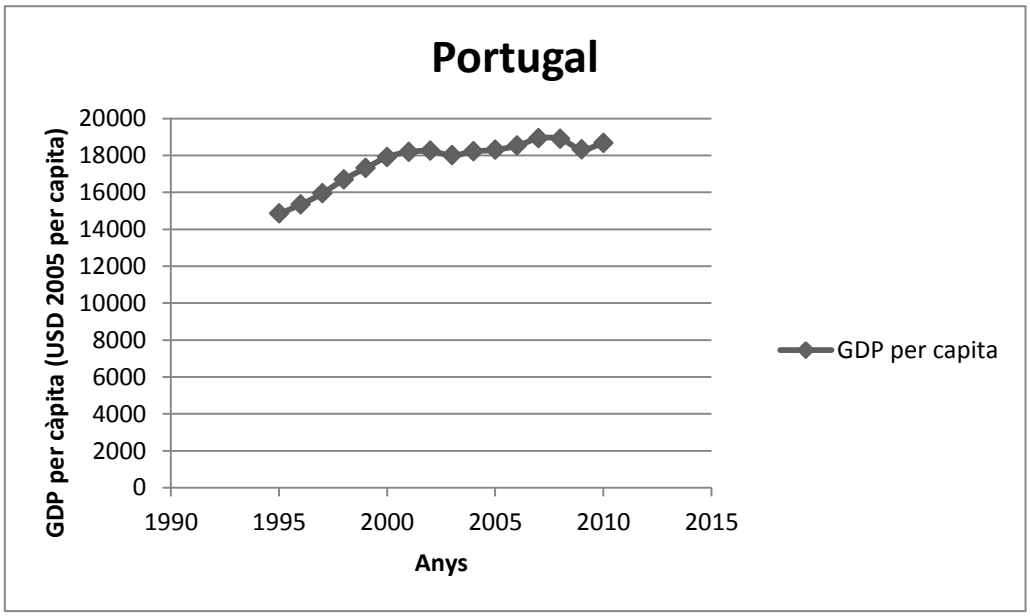


- ENERGY SUPPLY per GDP

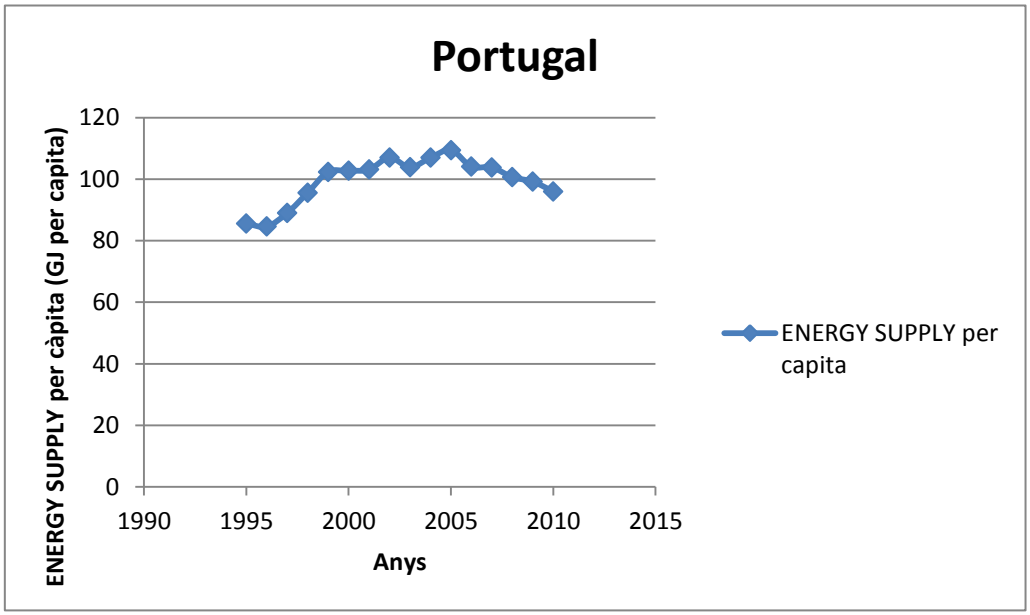


1.2.23. Portugal

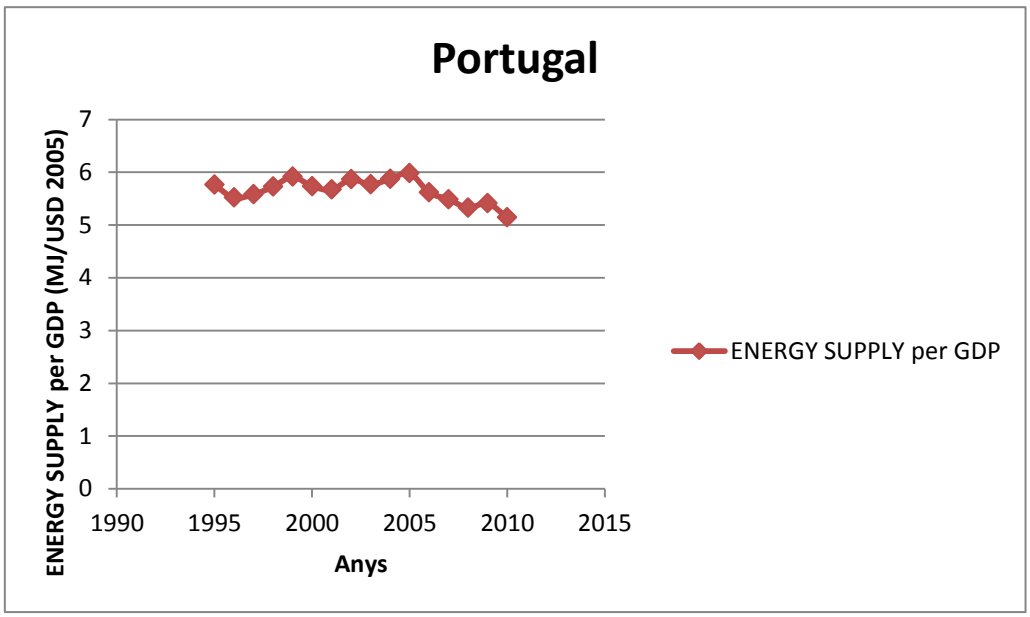
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

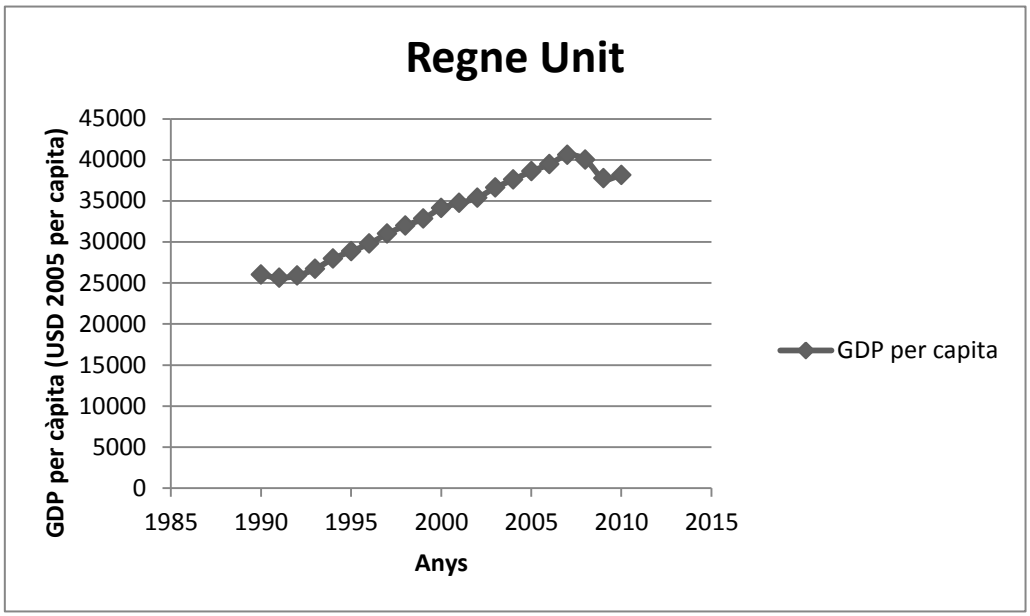


- ENERGY SUPPLY per GDP

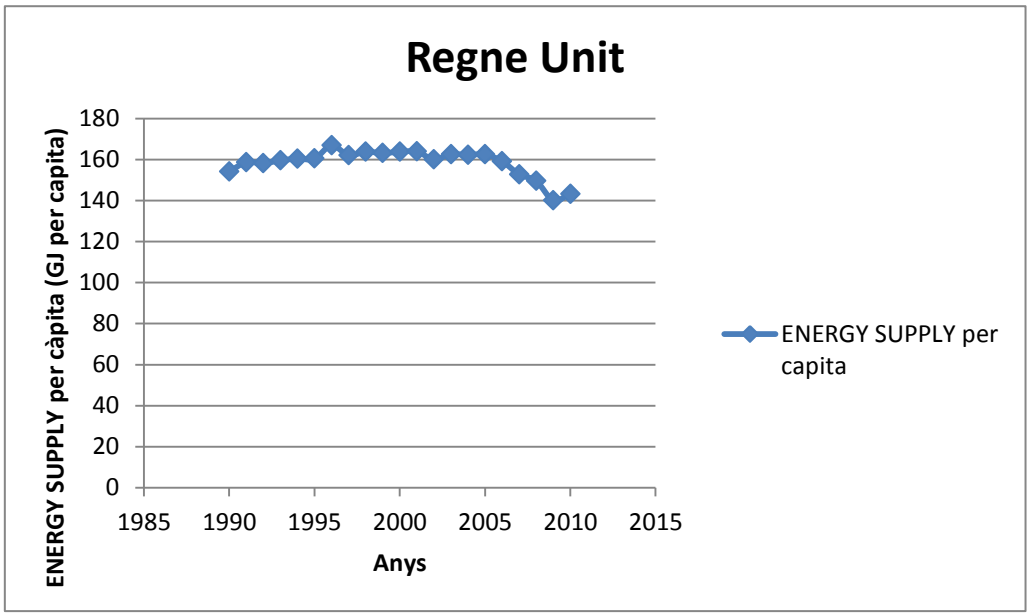


1.2.24. Regne Unit

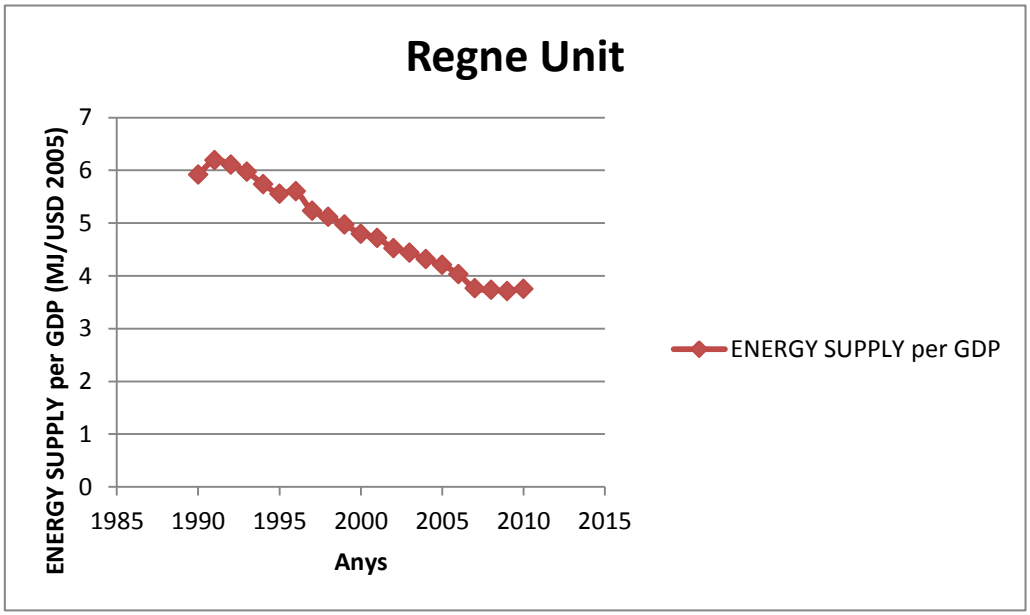
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

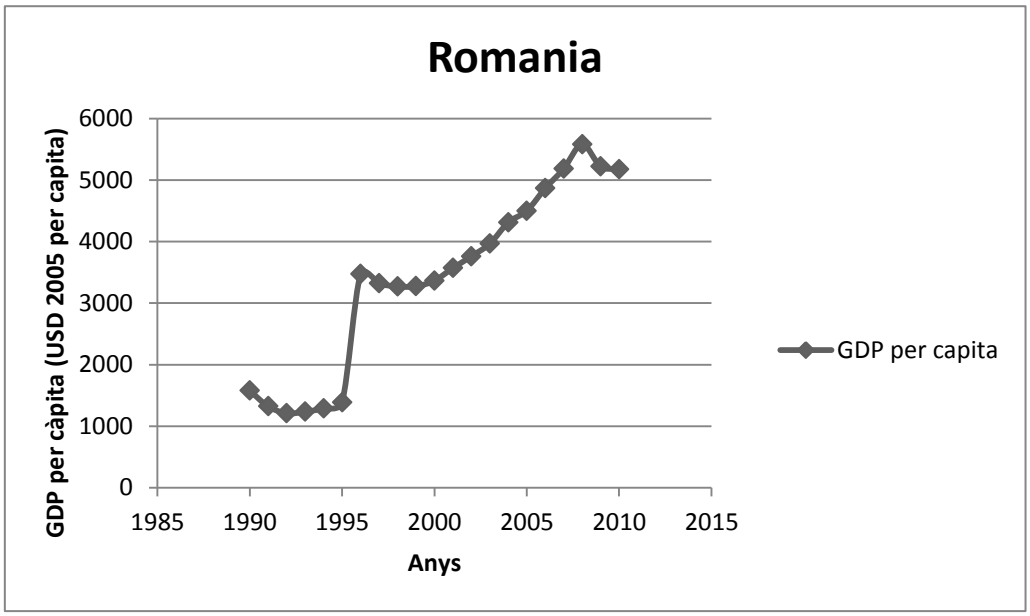


- ENERGY SUPPLY per GDP

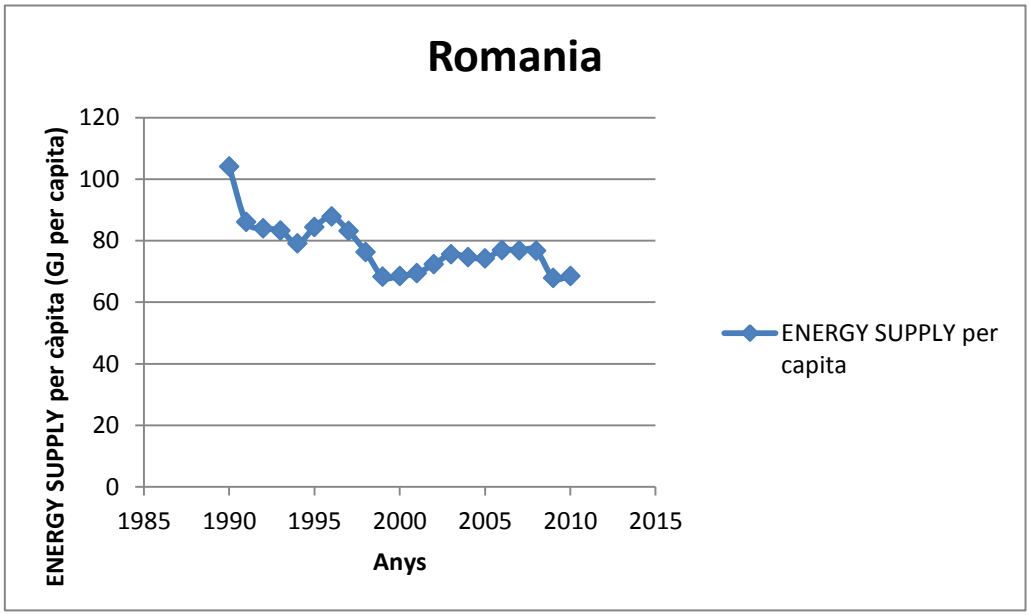


1.2.25. Romania

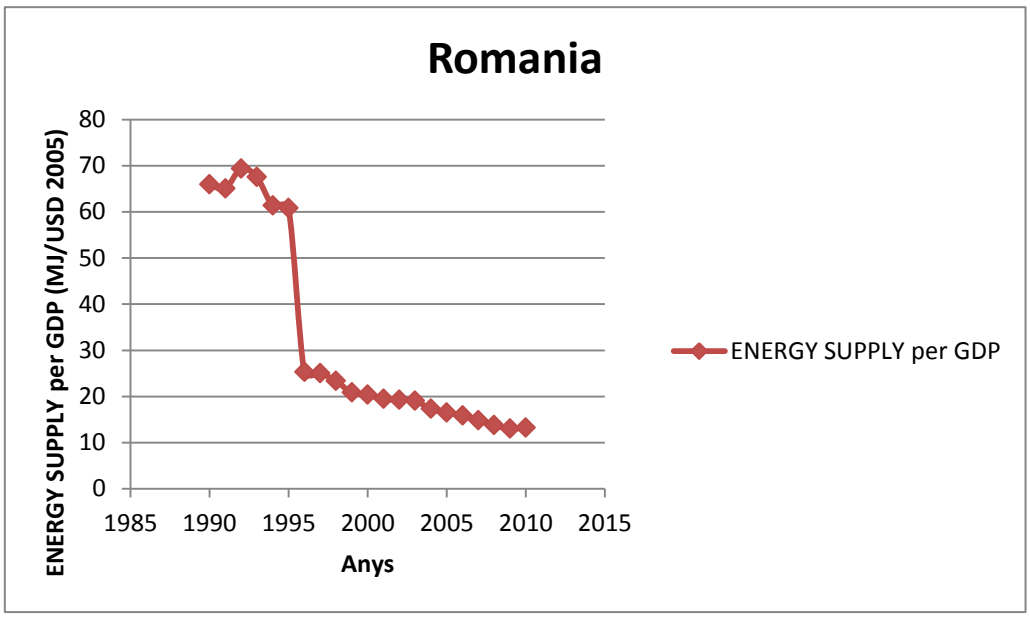
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

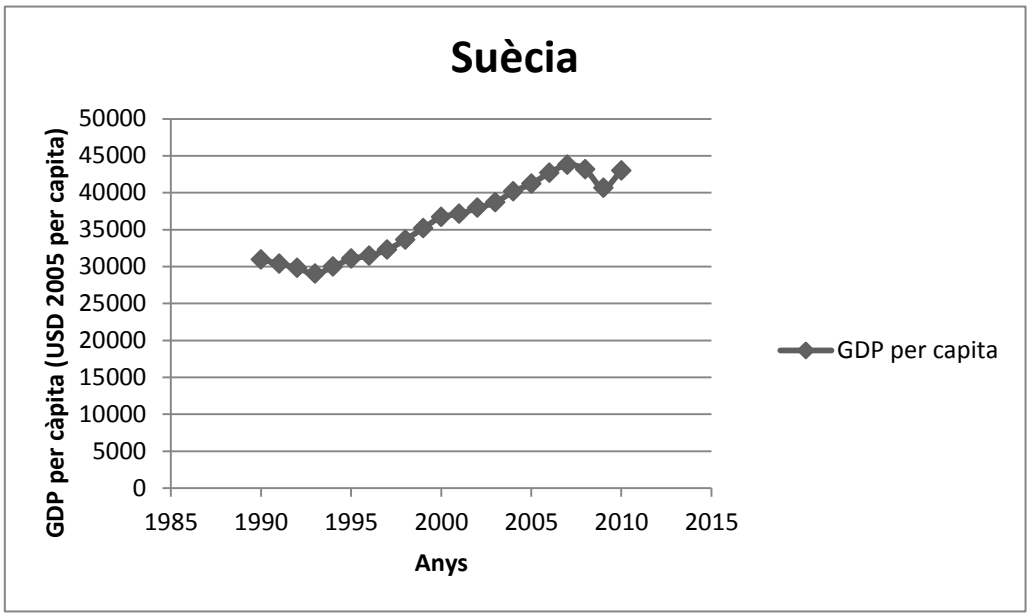


- ENERGY SUPPLY per GDP

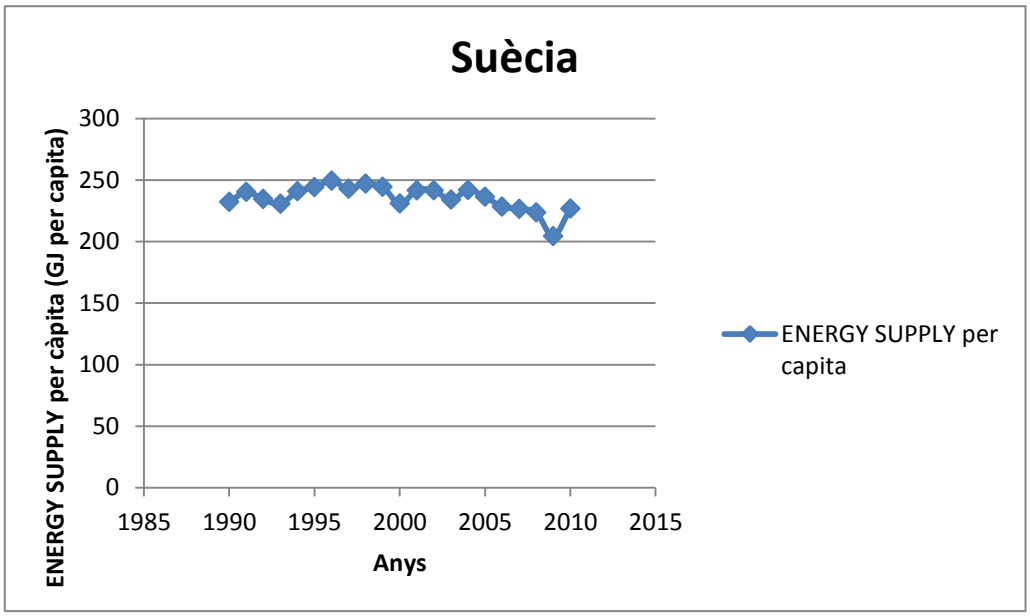


1.2.26. Suècia

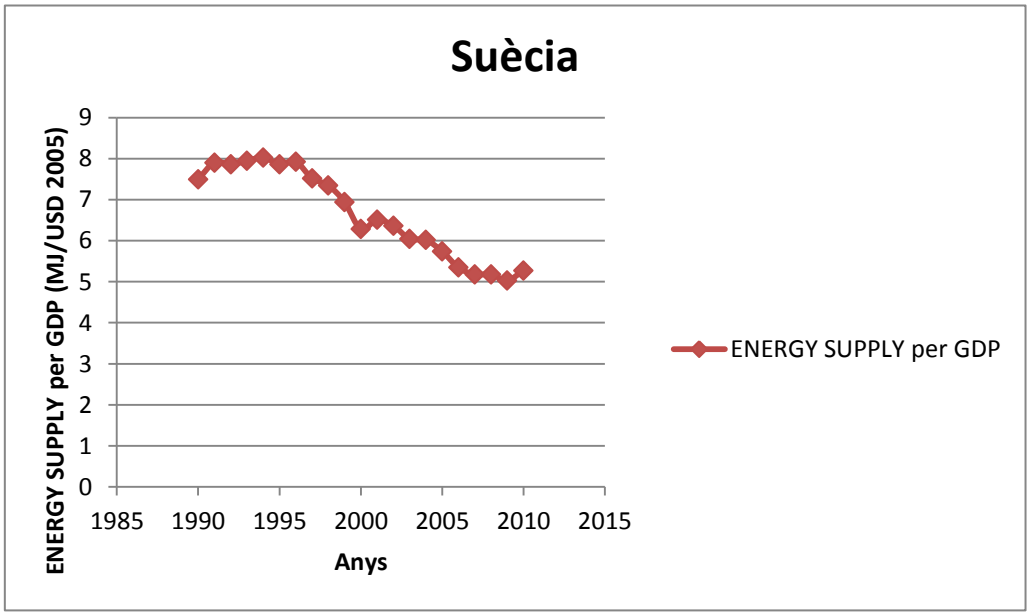
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

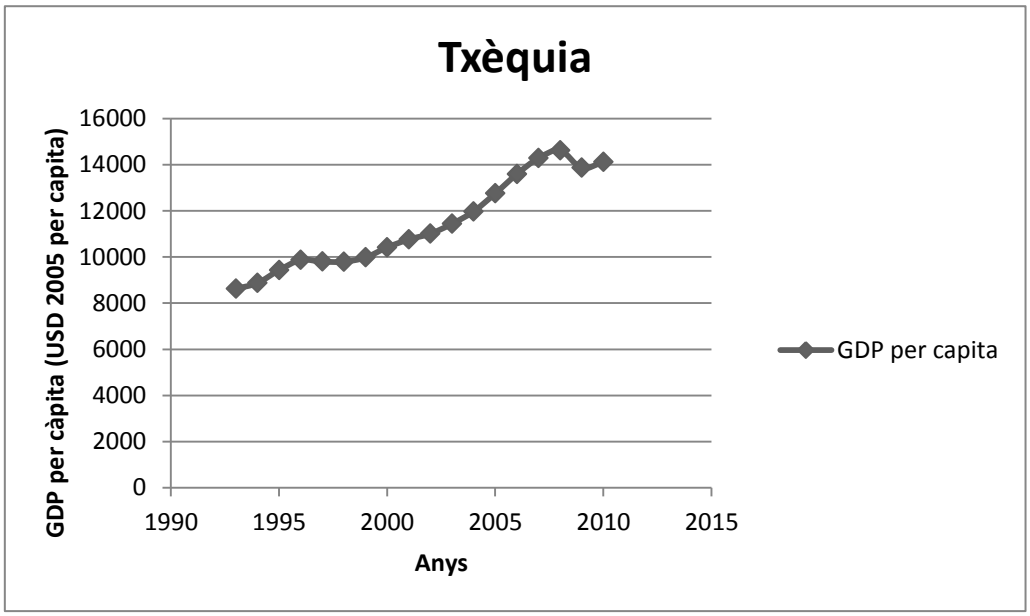


- ENERGY SUPPLY per GDP

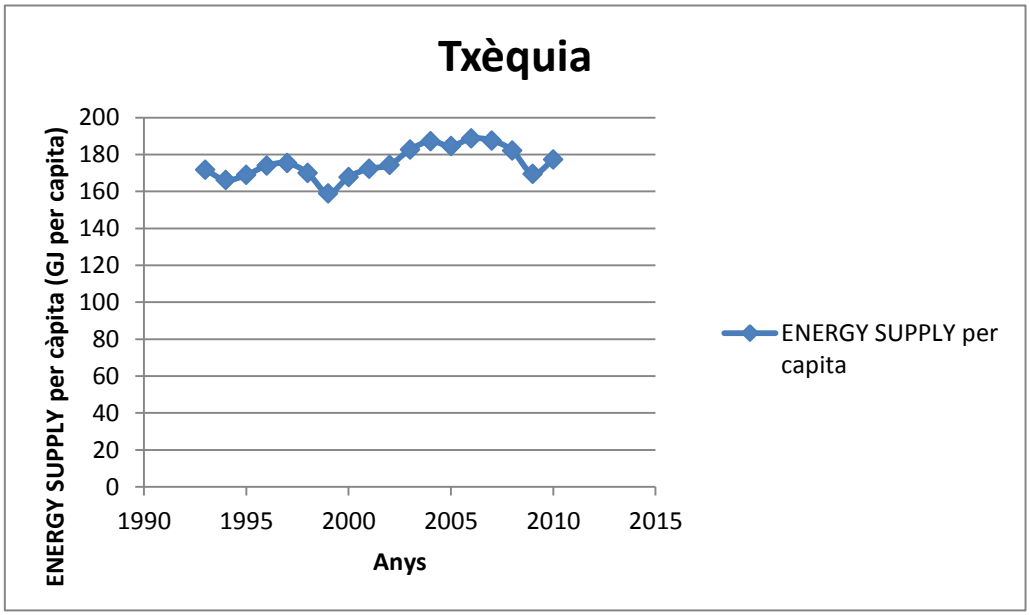


1.2.27. Txèquia

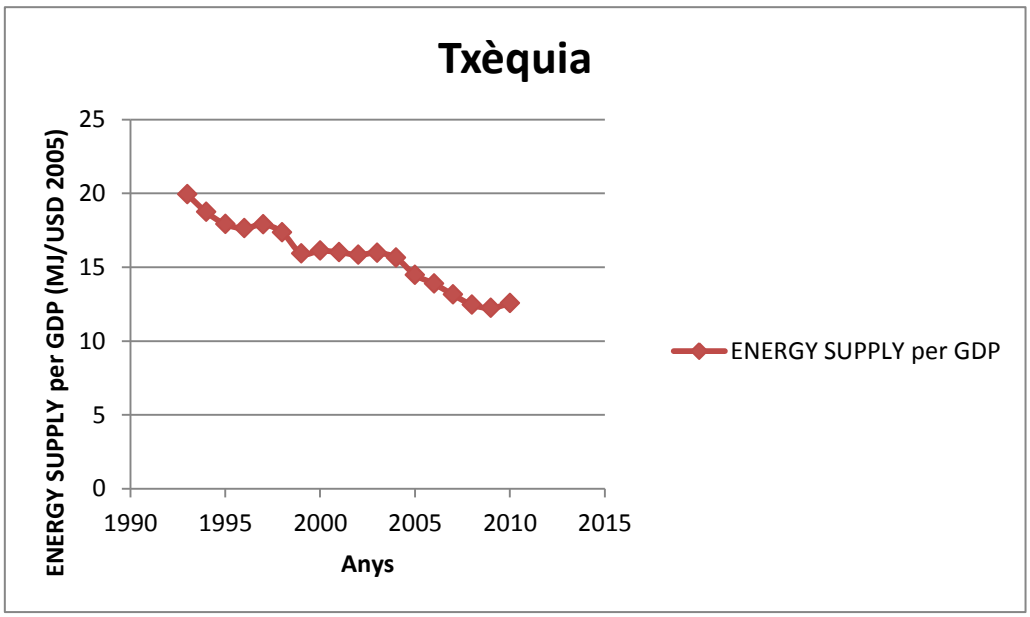
- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita

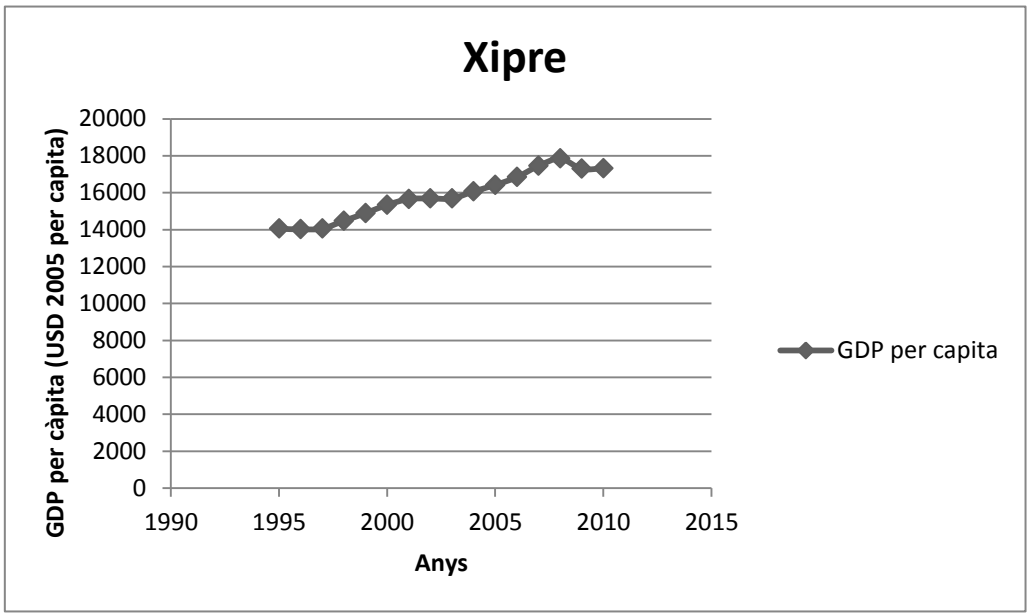


- ENERGY SUPPLY per GDP

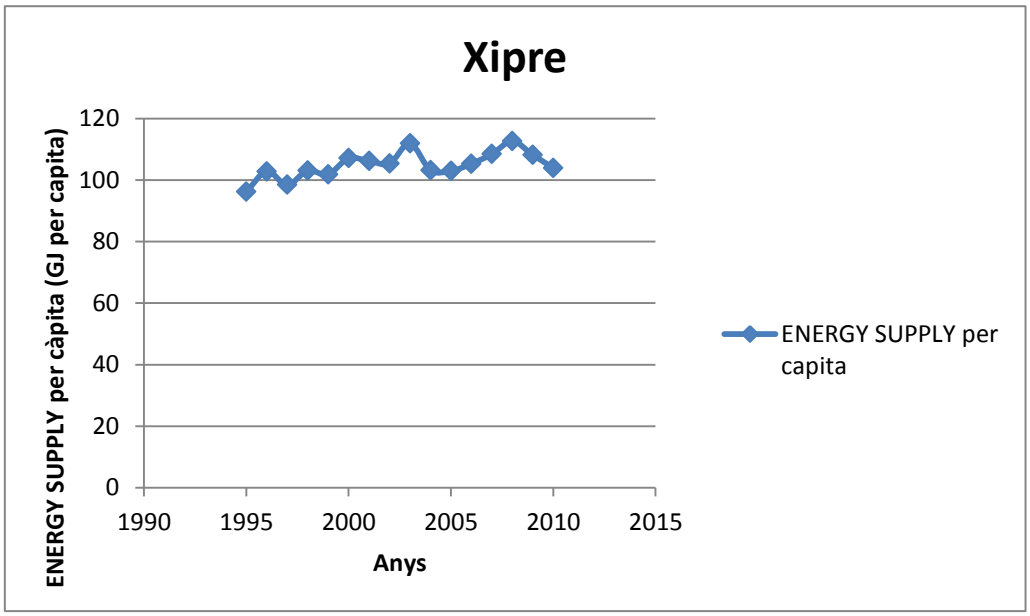
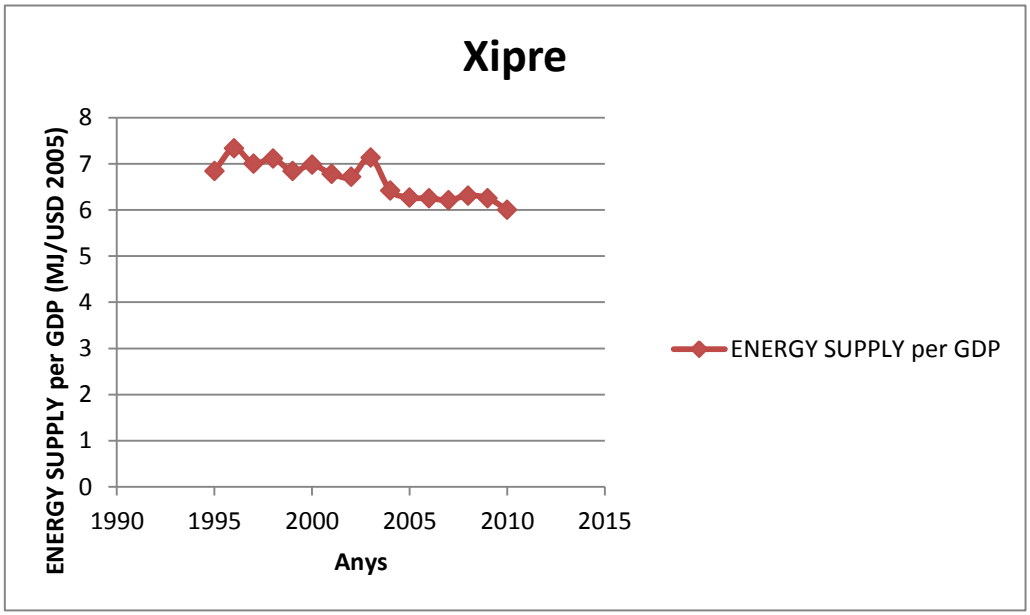


1.2.28. Xipre

- GDP per càpita



- ENERGY SUPPLY per càpita



- ENERGY SUPPLY per GDP