

LA CONSOMMATION D'ENERGIE RENOUVELABLE ET LE PIB DANS L'EUROPE DU NORD

Author¹:

Mehdi BEHNAME

Résumé: L'objectif de cet article est l'étude de la relation de la causalité à long terme et à court terme entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique dans les pays en Europe du Nord pour la période 1990-2010. Le test de Pedroni (2000) nous montre qu'il existe la relation à long terme entre les variables et le test d'Hausman (1978) indique que nous devons appliquer le modèle en effets fixes. Les résultats de test de la causalité indiquent qu'entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique il existe une relation unidirectionnelle (l'énergie est la cause de PIB) mais entre le PIB et la formation de capital et aussi entre le PIB et le travail à long terme et à court terme il y a une relation bidirectionnelle. Donc ces pays peuvent remplacer cette énergie à la place du pétrole pour diminuer la dépendance de l'étranger.

Mots-clés: Consommation d'Energie; Energie Renouvelable; Europe du Nord; produit intérieur brut; Données de Panel

Abstract: The purpose of this article is to investigate the causality relationship between renewable energy consumption and economic growth on long run and short run in the North European countries in the period 1990-2010. Pedroni (2000) test reveals that there is a long run relationship between our variables and Hausman (1978) test shows that we should apply fixed effects model. The results for causality test show that there is a unidirectional relationship in short run between economic growth and renewable energy

¹ Department of Economics of Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.
E-mail: m.behname@um.ac.ir

consumption (energy is the cause of GDP), between GDP and capital formation and also between GDP and labor force there are a bidirectional relationship. Therefore, these countries can replace this energy instead of oil for decreasing the dependence on abroad.

Keywords: *Energy Consumption; Renewable Energy; North of Europe; Gross Domestic Product; Panel Data*

JEL Classification: C23, Q43

Introduction

Actuellement, le problème d'énergie est une question mondiale. Aujourd'hui, le prix du pétrole est en haut de variables pour programmer le budget dans chaque pays. Ce problème est en commun pour les pays exportateurs et importateurs du pétrole. En pays importateur le prix du pétrole fait du problème dans la dépense de budget et en pays exportateur c'est la même pour le revenu de budget. En pays exportateur le revenu pétrolier est la cause de syndrome Hollandais. C'est pour quoi les pluparts des pays cherchent les moyens pour remplacer à la place du pétrole. Il existe beaucoup de type de création d'énergie renouvelable qui a été remplacé à la place du pétrole et du gaz. Ce qui est l'important, c'est l'impact de ce type de l'énergie sur les activités réelles.

Les pays développés appliquent l'énergie renouvelable plus large que d'autre pays, car cette énergie diminue la dépendance des pays à l'étranger et elle est sûr et sain (Menegaki, 2011).

Moins 7% de l'énergie en Europe vient de l'énergie renouvelable (Menegaki, 2011). Plus de 18% de la production de l'électricité en 2007 a été crée par l'énergie renouvelable. Europe-27 a concentré sur l'énergie crée par le vent. En Europe après le vent, c'est l'énergie crée par le soleil et puis par la biomasse qui sont très importants. Mais, ces quelques années l'énergie crée à la base d'hydraulique a diminué. Le Danemark, l'Allemagne et UK sont les pays exportateurs d'énergie renouvelable. Autrement, les marchés des technologies de création d'énergie renouvelable est en plein essor pour créer l'emploi. Par exemple, l'Allemagne en 2006 a vendu 21,6 milliards d'euros les instruments d'énergie renouvelable et elle a crée 200000 emplois. Et le Danemark a crée 20000 emplois dans l'énergie crée par le vent (Lund, 1999).

Pour chaque pays le bien-être est très important. L'Etat cherche de bien-être pour les citoyens et un des chemins afin d'arriver au bien-être, est le taux de

croissance économique. Si, la consommation d'énergie renouvelable influe sur le taux de croissance économique l'Etat peut considérer ce type d'énergie comme un facteur important dans ses programmes. C'est pour quoi que l'objectif de cet article est l'étude de la relation de la causalité entre la consommation d'énergie renouvelable et le produit intérieur brut dans l'Europe du Nord.

Behname (2012) indique que dans l'Europe de l'Ouest entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique à long terme et à court terme il y a une relation bidirectionnelle. Donc ces pays peuvent utiliser cette énergie à la place du pétrole pour diminuer la dépendance de l'étranger. Apergis et Payne (2010) en considérant la formation de capital, le PIB, le travail et la consommation de l'énergie renouvelable ont indiqué une relation bidirectionnelle entre la croissance économique et la consommation d'énergie renouvelable. Ils ont indiquée le même résultat pour les pays d'OCDE en 2010. Sadorsky (2009), Menyah et Wolde Rufael (2010) et Menegaki (2011) montrent que la croissance économique et la consommation d'énergie renouvelable influe sur les uns les autres. Lund (1999) montre qu'en Danemark la subvention sur l'énergie renouvelable accroitra l'emploi.

La base théorique

Ici, nous représentons l'idée de Stern et Cleveland (2004) sur la consommation d'énergie et la croissance économique. Les économistes se sont intéressés par les effets de la consommation d'énergie comme du pétrole et du gaz sur les activités économiques mais les théories de la production peuvent considère les effets d'énergie dans la fonction de la production. Stern (1999) divise les facteurs de production en deux genres: reproductible et non reproductible. Les facteurs reproductibles comme le travail et le capitale et non reproductible comme du pétrole et du gaz. Ces derniers sont les énergies. Aujourd'hui, nous ne pouvons pas transformer les inputs en biens et services sans consumer de l'énergie. Tous les processus de la production besoin du changement et du mouvement, c'est pour quoi la consommation d'énergie afin de produire est un principe Stern (1997). Les économistes plutôt pensent que les facteurs principaux pour la production sont le travail, le capital et la terre, mais l'énergie est un facteur intermédiaire qui est très important aussi (Stern, 1999).

La relation entre l'énergie et la croissance

Nous avons vu que l'énergie est un facteur important dans le processus de la production. Ici, nous présentons la perspective néoclassique sur la fonction de la

production pour étudier les facteurs que diminuent ou augmentent la relation entre l'énergie et la croissance. La fonction de la production présentée par Stern et Cleveland (2004) est la suivante:

$$(Q_1, \dots, Q_m)' = f(A, X_1, X_2, \dots, X_n, E_1, \dots, E_p)$$

où les Q_i sont les niveaux des outputs différentes, comme les biens et les services manufacturés. Les X_i gardent pour les facteurs de la production, comme le travail, le capital, la terre, la gestion et les E_i indiquent les niveaux des inputs de l'énergie, comme le gaz, le pétrole. Le A est le niveau de technologie qui a été défini par l'indice de la productivité. La relation entre l'énergie et la croissance est sur l'effet de:

- le remplacement entre l'énergie et autre inputs
- un changement dans A (technologie)
- le déplacement dans les composant d'input d'énergie
- le déplacement dans les composant d'output

mais aussi le déplacement de mélange d'autre output peut influencer la relation entre l'énergie et l'output. Cette question n'a été pas développée dans la littérature.

Le changement dans le ratio de l'énergie/PIB qui n'est relative avec le changement dans le prix relative de l'énergie a appelé le changement dans l'indice d'efficacité d'énergie autonome. Un indicateur plus connu est l'indice du changement technique d'énergie augmentée (Stern, 1999). Pour ce but, Stern reformule la fonction de la production comme la suivante:

$$Q = f(A_1 X_1, \dots, A_n X_n, A_E E)$$

de sorte que chaque input a été multiplié par son facteur de technologie A_i qui convert les unités crues d'input aux unités effective. A_E est l'indice du changement technique d'énergie augmentée qui montre l'usage d'autre inputs. L'estimation de la tendance dans l'efficacité d'énergie autonome ou l'indice d'augmentation d'énergie relative sont mélangés car la direction du changement n'est pas constante et change à travers de différent secteur d'économie.

Quand il existe le changement technique endogène les changements du prix peuvent induire le changement technique. En résultat, un augmentation dans le prix d'énergie a la tendance pour accélérer le développement de technologie

d'épargne en énergie tandis que la réduction du prix d'énergie peut faire un changement technique dans l'usage d'énergie. Jorgenson (1984) trouve que le changement technique a biaisée et a eu la tendance vers la consommation à la base d'énergie. Dans ce cas là, les prix bas d'énergie a la tendance la croissance d'accélérer la productivité.

Énergie et capital

Berndt et Wood (1979), Apostolakis (1990) montrent que le capital et l'énergie dans le processus de la production peuvent être le supplément ou le remplacement. Les études expérimentales indiquent que l'énergie et le capital à long terme sont supplément et à court terme ils sont remplacement. Frondel and Schmidt (2002) indiquent que le part faible de coût de la production est la cause de complémentarité entre l'énergie et le capital. En total, l'énergie et le capital sont des facteurs remplacement faible mais aussi il est possible qu'ils seront le supplément

Données et Méthode

Les données

La période choisie est de 1990 au 2010. La limitation de période est à cause de l'absence des données pour certains pays. Les sources des données pour la consommation d'énergie renouvelable à la base d'hydraulique de biomasse de soleil et de géothermal sont Energy Information Administration for Denmark, Norway, Sweden, United Kingdom et Finland et International Energy Outlook. Le World Bank Development Indicators (WDI) a été appliquée pour les autres données. Les pays dans notre échantillon selon la définition de l'Organisation des Nations Unis pour l'Europe du Nord sont Norvège, Suède, Danemark, Finlande et Royaume-Uni. Nous avons choisi l'Europe du Nord pour une données de panel car la structure économique de ces pays est presque la même et ils sont dans la même région géographique.

Etant donné que notre objectif est la vérification de la relation de la causalité entre la croissance économique et la consommation d'énergie renouvelable nous appliquons la consommation d'énergie de l'électricité à la base d'hydraulique de soleil et du vent. La CE est la consommation d'énergie de l'électricité à la base d'hydraulique de soleil et du vent en millions kilowatt par heure. Le PIB est le produit intérieur brut réel en dollars constants de l'années 2000. La FC est la formation de capital réel en dollars constants de l'années

2000. L'EM est l'emploi en millions personnes. Tous les variables sont en logarithmes naturels.

Tableau 1. Les variables et leurs ressources

Variable	Unité	Ressource
Consommation d'énergie de l'électricité (à la base d'hydraulique de soleil et du vent)	En millions kilowatt par heure	Energy Information Administration for Denmark, Norway, Sweden, United Kingdom et Finland et International Energy Outlook
Produit intérieur brut	En dollars constants de l'année 2000	World Bank Development Indicators (WDI)
La formation de capital réel	En dollars constants de l'année 2000	World Bank Development Indicators (WDI)
l'emploi	en millions personnes	World Bank Development Indicators (WDI)

Racine unitaire

Afin d'analyser les résultats de notre recherche nous devons d'abord tester la racine unitaire pour deux objectifs: éviter de la régression fallacieuse et exister la relation à long terme. Pour la régression fallacieuse, les variables doivent avoir une caractéristique constante c'est-à-dire le série doit avoir la variance, le moyenne et la covariance constante. Si, nous régressons deux ou plus variables non stationnaire c'est possible que la régression montre un R^2 plus élevé et la statistique t très haute même il n'y a pas aucune relation entre c'est variables. Mais, si la série soit stationnaire nous pouvons éviter de la régression fallacieuse.

Afin d'analyser la relation à long terme: si les variables sont stationnaires au niveau nous pouvons conclure qu'il n'y a pas la relation à long terme entre les variables et si les variables sont stationnaires dans la première différence nous pouvons espérer qu'il existe la relation à long terme entre les variables. Pour être rassurer sur la relation à long terme entre les variables nous appliquons le test Pedroni.

Il existe différent genres des tests stationnaire en donnée de panel. Levin et al (2002) représentent un test de stationnarité à la base de test Augmented Dickey Fuller avec homogénéité dans la dynamique des coefficients autorégressif pour toutes les unités de panel. Mandala et Wu (1999) combinent le p-valeur de test

de racine unitaire d'individu à l'aide des tests de Fischer –ADF et Fischer-PP. D'autre test de panel est Im et al (2003) qui est différent du test Levin et al (2002) à la base d'homogénéité. Les tests que nous appliquons dans cette recherche sont les tests d'Im et al (2002), Levin et al (2002), Fischer –ADF et Fischer-PP. Les résultats sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Les tests de la racine unitaire

Variables	LLC	IPS	Fisher-ADF	Fisher-PP
PIB	- 0.13	- 0.56	9.98	13.42
Δ PIB	- 6.07*	- 6.01**	88.01**	99.03*
FC	- 4.34	- 5.52	8.50	18.98
Δ FC	- 5.64*	- 5.32*	72.42**	87.90*
EM	- 0.57	- 3.56	35.61	12.14
Δ EM	- 5.54*	- 6.05**	97.24**	98.43*
CE	- 0.67	- 0.45	7.67	9.42
Δ CE	-6.78*	- 6.15**	40.45	54.55*

*, ** montrent que les variables sont significatives au niveau de 1% et 5%.

Etant donné que les variables sont stationnaires au niveau de la première différence nous pouvons espérer qu'il y a la relation à long terme entre les variables. Dans la section suivante le test de Pedroni (2000) détermine l'existence de la relation à long terme.

Co-intégration pour les données du panel

Afin d'étudier la relation de la causalité à long terme entre les variables comme la consommation d'énergie renouvelable (CE), la formation de capital (FC), l'emploi (EM) et le produit intérieur brut (PIB), nous vérifierons le test Pedroni. Le premier test pour la co-intégration a été le test Engel et Granger (1987) et puis le test Johnsen (1988), mais ces tests sont pour les séries temporelles. Le test de Pedroni (2000) permet de considérer la relation à long terme. Si la relation de co-intégration a été établie, il existe de la relation à long terme entre les variables. Dans le cas où le terme constant et les pentes sont hétérogènes, nous pouvons appliquer le test de Pedroni (2000) dans l'équation de co-intégration. Pedroni a proposé deux tests à la base de la résiduel. Pour le premier il existe quatre tests à la base de fusionner les résiduels dans la dimension à l'intérieur. Pour le deuxième il existe trois tests à la base de fusionner les résiduels dans la dimension à l'entrée.

Le Tableau 3 présente les résultats de test de Pedroni (2000). Tous les sept statistiques sont significatives au niveau de 1% et 5%. C'est-à-dire nous rejetons l'hypothèse nulle à la base de non co-intégration. Ce résultat indique qu'il existe une relation à long terme entre les variables. Maintenant, nous appliquons le test de la causalité grangerienne (1988) à long terme.

Tableau 3. Le test de la co-intégration de Pedroni

Within dimension test statistic		
Panel ν	- statistic	36.02*
Panel ρ	- statistic	- 54.07**
Panel pp	- statistic	- 84.03**
Panel ADF	- statistic	- 6.42**
Between dimension test statistic		
Group ρ	- statistic	-53.23*
Group pp	- statistic	- 43.22**
Group ADF	- statistic	- 5.31**

*, ** montrent que les variables sont significatives au niveau de 1% et 5%.

Causalité de panel

A la suite d'Apergis et Payne (2010) nous estimons l'équation suivante pour le test de Pedroni:

$$PIB_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_i CE_{it} + \delta_i EM_{it} + \lambda_i FC_{it} + e_{it} \quad (I)$$

où i garde pour chaque pays dans le panel, t représente le temps. Les paramètres de α_i et δ_i sont pour la possibilité de l'effet fixe spécifique des pays et la tendance. Le ε_{it} est pour les résiduels estimées. Pour tester l'hypothèse nulle de non co-intégration $\rho_i = 1$ nous faisons la racine unitaire suivante: (le test de Pedroni)

$$\varepsilon_{it} = \rho_i \varepsilon_{it-1} + w_{it} \quad (II)$$

Puis, les résiduels de l'équation (I) ont été utilisé pour estimer le terme d'erreur dans les équations suivantes:

$$\begin{aligned} \Delta PIB_{it} &= \beta_{40} + \sum_{i=1}^p \beta_{41i} \Delta PIB_{it-k} + \sum_{i=1}^p \beta_{42i} CE_{it-k} + \sum_{i=1}^p \beta_{43i} \Delta EM_{it-k} \\ &+ \sum_{i=1}^p \beta_{44i} \Delta FC_{it-k} + \beta_{45} ECT_{it-1} + \varepsilon_{4it} \end{aligned} \quad (1)$$

ΔEC

$$\begin{aligned} \Delta CE_{it} &= \beta_{30} + \sum_{i=1}^p \beta_{31i} \Delta CE_{it-k} + \sum_{i=1}^p \beta_{32i} \Delta PIB_{it-k} + \sum_{i=1}^p \beta_{33i} \Delta EM_{it-k} \\ &+ \sum_{i=1}^p \beta_{34i} \Delta FC_{it-k} + \beta_{35} ECT_{it-1} + \varepsilon_{3it} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta FC_{it} &= \beta_{20} + \sum_{i=1}^p \beta_{21i} \Delta FC_{it-k} + \sum_{i=1}^p \beta_{22i} \Delta CE_{it-k} + \sum_{i=1}^p \beta_{23i} \Delta FC_{it-k} \\ &+ \sum_{i=1}^p \beta_{24i} PIB_{it-k} + \beta_{25} ECT_{it-1} + \varepsilon_{2it} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta EM_{it} &= \beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{11i} EM_{it-k} + \sum_{i=1}^p \beta_{12i} CE_{it-k} + \sum_{i=1}^p \beta_{13i} FC_{it-k} \\ &+ \sum_{i=1}^p \beta_{14i} PIB_{it-k} + \beta_{15} ECT_{it-1} + \varepsilon_{1it} \end{aligned} \quad (4)$$

où CE est la consommation d'énergie renouvelable, FC est la formation de capital, EM est l'emploi, PIB est le produit intérieur brut et ECT est le terme de correction d'erreur. Si, les coefficients d'ECT sont significatifs, il y a une relation à long terme entre les variables.

Dans le test de co-intégration créée par Pedroni (2000) il existe sept groupes des tests. Un quadruple groupe (test du panel) a été appelé dans la dimension et un triple groupe (test des groupes) a été appelé entre la dimension.

Le Tableau 4 montre le résultat des équations 1 au 4. Les coefficients de terme ECT montrent le réglage au court terme vers le long terme. Le test de Hausman (1978) montre que nous devons appliquer le modèle en effets fixes.

Tableau 4. Les résultats du test de la causalité en panel

Les variables dépendants					
Les sources de la causation à court terme					
	Δ PIB	Δ CE	Δ FC	Δ EM	ECT
Δ PIB	---	14.54 (0.43) [0.01] [0.01]	52.28 (0.19) [0.01] [0.02]	63.45 (0.17) [0.00] [0.00]	- 0.14 [0.01]
Δ CE	21.02 (0.34) [0.71] [0.50]	---	22.51 (0.24) [0.45] [0.31]	0.31 (0.14) [0.00] [0.01]	- 0.20 [0.01]
Δ FC	34.22 (0.41) [0.00] [0.00]	52.65 (0.15) [0.00] [0.00]	---	59.01 (0.42) [0.64] [0.81]	- 0.22 [0.00]
Δ EM	64.32 (0.58) [0.00] [0.00]	0.37 (-0.45) [0.30] [0.66]	53.24(0.54) [0.01] [0.01]	---	- 0.11 [0.01]

Les sommes des coefficients sont dans les parenthèses. Les valeurs des probabilités sont dans les crochets.

* montre que les variables sont significatives au niveau de 1%.

L'estimation d'équation 1 indique que la consommation d'énergie renouvelable a un impact positif et significatif sur la croissance économique au court terme. La formation de capital fixe et le travail ont les impacts positifs et significatifs aussi en croissance économique à court terme. L'estimation d'équation 2 montre qu'au court terme la croissance économique augmente la consommation d'énergie renouvelable. Nous pouvons considérer qu'il existe une relation bidirectionnelle entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique. L'effet de la formation de capital fixe est positif sur la consommation d'énergie renouvelable mais cet impact est non significatif. Les effets du travail dans cette équation sur la consommation d'énergie renouvelable est positive et significatif. La troisième équation montre que la croissance économique, la consommation d'énergie renouvelable à court terme augmente la formation de capital mais, le travail n'a pas un impact significatif sur la formation de capital. Enfin, l'équation 4 indique que la croissance économique et la formation de capital ont les effets positifs et significatifs sur le travail mais, la consommation d'énergie renouvelable n'a pas un impact sur le travail.

Les coefficients de terme de correction d'erreur montrent le réglage du court terme vers le long terme. Ce coefficient est significatif au niveau de 1% c'est - à - dire les différences entre les valeurs réelles et les valeurs à long terme vont être corrigées avec les coefficients de terme de correction d'erreur dans chaque période. En totale, le test de la causalité montre qu'à court terme il existe une relation unidirectionnelle entre la consommation d'énergie renouvelable et la

croissance économique c'est - à - dire l'énergie renouvelable est la cause de la croissance économique et il y a une relation bidirectionnelle entre le PIB et la formation de capital et aussi entre le PIB et le travail. Apergis et Payne (2010) pour 20 pays de l'OCDE et aussi Apergis et Payne (2011) pour 13 pays de l'Eurasie et également Apergis et Payne (2011) pour 6 pays de l'Amérique Centrale ont trouvé que la relation entre la consommation d'énergie et la croissance économique est bidirectionnelle.

L'objectif principal de cette recherche est l'étude d'impact de la consommation d'énergie renouvelable sur la croissance économique. L'existence d'impact de l'énergie vers la croissance montre que cette énergie est très importante en économie. A la base du résultat de notre recherche nous pouvons induire que ce variable en économie de ces pays est déterminant.

Conclusion

Dans cet article nous cherchons la relation de la causalité à long terme et à court terme entre la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique et d'autre variables dans les pays en Europe du Nord pour la période 1990-2010. Les résultats des différents tests de la racine unitaire indiquent que les variables au niveau ne sont pas stationnaires mais ils sont stationnaires au niveau de première différence. Quand les variables sont $I(1)$ l'existence de la relation au long terme est possible. Les résultats de test de Pedroni (2000) montre qu'il y a une relation à long terme entre les variables. Le test d'Hausman (1978) montre que le modèle aux effets fixes est le modèle approprié.

Les résultats du test de la causalité de Granger en VECM montrent que la consommation d'énergie renouvelable et la croissance économique sont liées au court terme et au long terme. Le type de la relation est une relation unidirectionnelle. C'est - à - dire la consommation d'énergie renouvelable est la cause de la croissance économique et la croissance économique signifie la consommation d'énergie renouvelable. Nous pouvons conclure que l'énergie renouvelable influence les variables macroéconomiques à travers de la croissance économique, car la plus part des variables macroéconomiques dépendent de PIB. La consommation d'énergie renouvelable peut influencer le produit intérieur brut directement. Elle entre directement dans la fonction de la production et influence le revenu national. L'observation de la relation bidirectionnelle montre l'importance de la consommation de l'énergie renouvelable dans l'économie de cette région.

Pareillement, les résultats d'estimation indiquent que les variables comme le travail et le capital ont des effets positifs et significatifs sur le revenu national. Ces effets confirment le théorème de la production qui dit que le travail et le capital sont des variables essentielles pour la production, c'est-à-dire la production marginale du travail et du capital est positive.

Les pays de Nord de l'Europe peuvent encourager remplacer la consommation de l'énergie renouvelable à la place d'énergie fossile. Ils peuvent diminuer la dépendance au pétrole et au gaz qui est aujourd'hui un bien stratégique. Et ils vont réduire la pollution de CO₂ avec le remplacement de cette énergie à la place de la consommation du pétrole et du charbon.

Références

- Apergis N, Payne JE. 2010a, Renewable energy consumption and economic growth: evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*;38:656–60.
- Apergis N, Payne JE. 2010b, Renewable energy consumption and growth in Eurasia. *Energy Econ*, forthcoming
- Apostolakis, B. E. 1990. "Energy-capital substitutability/complementarity: the dichotomy." *Energy Economics* 12: 48-58.
- Behname, Mehdi., 2012, La Consommation d'Énergie Renouvelable et la croissance économique: Dans l'Europe de l'Ouest, *The Romanian Journal of Economics*, Vol. 35, issue 2(44), pages 160-171
- Berndt, E. R. and D. O. Wood, 1979, Engineering and econometric interpretations of energy capital complementarity. *American Economic Review* 69: 342-354.
- Costantini, V., Martini, C., 2010, The causality between energy consumption and economic growth: a multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data. *Energy Economics* 32, 591–603.
- Granger, C.W.J., 1988, Causality, co integration and control. *Journal of Economic Dynamics and Control* 12, 551–559.
- Hausman JA. 1978, Specification tests in econometrics. *Econometrica*, 46: 1251–71.
- Im, K.S., Pesaran, M.H. and Shin, Y. 1997, Testing for unit roots in heterogeneous panels, mimeo, Department of Applied Economics, University of Cambridge.
- Im, K.S., Pesaran, M.H., Shin, Y., 2003, Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics* 115, 53–74
- Jorgenson, D.W. 1984. The role of energy in productivity growth. *Energy Journal* 5(3): 11-26.
- Lee, C.C., Chang, C.P., 2008, Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data. *Resource and Energy Economics* 30, 50–65
- Levin, A., Lin, C.F., Chu, C.S.J., 2002, Unit root tests in panel data: asymptotic and finite sample properties. *Journal of Econometrics* 108, 1–24.

- Lund P.D. 1999, Effects of energy policies on industry expansion in renewable energy, *Renewable Energy* 34, 53–64
- Menegaki Angeliki N. 2011, Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis, *Energy Economics* 33 (2011) 257–263
- Menyah, K., Wolde-Rufael, Y., 2010, CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy Policy* 38, 2911–2915.
- Pedroni P. 2000, Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. *Adv Econom*;15:93–130.
- Sadorsky, P., 2009, Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy* 37, 4021–4028.
- Stern, D. I. 1999. Is energy cost an accurate indicator of natural resource quality? *Ecological Economics* 31: 381-394.
- Stern, D.I., 2000, A multivariate co integration analysis of the role of energy in the US macroeconomy, *Energy Economics*, n. 22, pp. 267-283
- Stern, D.I., Cleveland, C.J., 2004, Energy and Economic Growth, Rensselaer Working Papers in Economics No. 0410, Rensselaer Polytechnic Institute, USA.