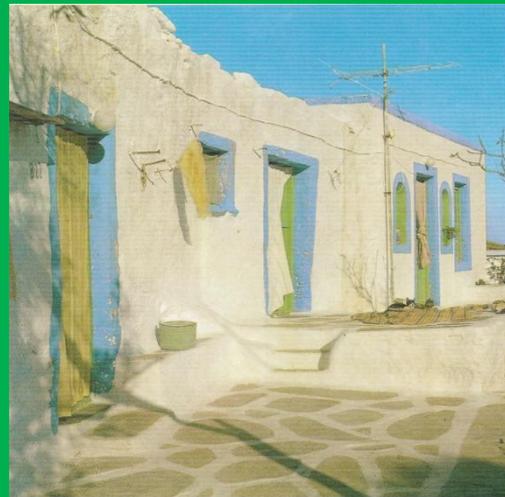




Universidad Polit cnica de Cataluña
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de
Barcelona

**MÁSTER DE ARQUITECTURA ENERGÍA Y
MEDIO AMBIENTE 2011/12**

Hacia el balance cero y la autosuficiencia energética de las islas del mar Egeo: el caso del sector residencial de Paros



Tutora: Anna Pages
Autora: Maria Eleni Konstantinidou
Barcelona, Septiembre 2012

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| RESÚMEN..... | 4 |
| INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 5 |
| 1.1 Definición del tema del estudio..... | 5 |
| 1.2 Objetivos..... | 6 |
| 1.3 Metodología..... | 7 |
| 2. EL CASO DE ESTUDIO: LA ISLA DE PAROS..... | 8 |
| 2.1 La ubicación y la geomorfología de Paros..... | 8 |
| 2.2 El clima de la isla | 10 |
| 2.3 Los factores socio-económicos que caracterizan la isla..... | 12 |
| 2.4 El sector de edificación de la isla..... | 16 |
| 3. EL ESTADO ACTUAL DEL FLUJO ENERGÉTICO DE PAROS..... | 20 |
| 3.1 La generación de energía..... | 20 |
| 3.1.1 La generación de energías no renovables..... | 20 |
| 3.1.2 La generación de energías renovables..... | 23 |
| 3.2 El cálculo del consumo energético en el sector residencial de Paros..... | 25 |
| 4. ESTRATEGIAS HACIA EL BALANCE CERO Y LA AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE PAROS..... | 29 |
| 4.1 Medidas para reducir la demanda energética en el sector residencial..... | 30 |
| 4.1.1 La demanda de electricidad..... | 30 |
| 4.1.2 La demanda de agua caliente sanitaria..... | 31 |
| 4.1.3 La demanda de calefacción..... | 32 |
| 4.2 Producción de energías renovables..... | 33 |
| 4.2.1 Producción de energía eléctrica..... | 33 |
| 4.2.2 Producción de energía eléctrica para el agua caliente sanitaria..... | 34 |
| 4.2.3 Producción de energía para la calefacción con la combustión de biomasa..... | 35 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 36 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA – REFERENCIAS..... | 37 |

RESÚMEN

La isla de Paros, la tercera más grande del grupo de Cícladas, se sitúa en la encrucijada de las rutas del mar Egeo, con un clima suave, asoleamiento intenso y vientos fuertes. No es raro que sea uno de los más famosos destinos turísticos de Grecia. Esta particularidad, junto con el hecho de que es una de las islas no interconectadas energéticamente con la península griega, hacen que sea un caso especial que se merece investigar. El objetivo de esta investigación es detectar los problemas del estado energético de la isla de Paros en función de sus características climáticas y socioeconómicas y proponer soluciones eficientes y/o viables. Todos los datos conseguidos sobre el comportamiento energético del sector residencial, se han colocado y ordenado de tal manera como para llegar a conclusiones e indicadores específicos. A continuación, estas conclusiones se utilizarán para plantear con más detalle estrategias hacia el balance cero y la autosuficiencia en el tipo de demanda energética que se puedan, si se pueden finalmente, aplicar, y hasta el punto que esto será posible.

INTRODUCCIÓN

La mayor cantidad de energía se consume en el sector residencial y comercial por lo cual cualquier intento para conseguir la autosuficiencia energética en una región debe referirse a estos dos sectores antes de cualquier otro. Este tema es más complicado en el caso de un ambiente tan aislado como es una isla mediterránea, donde influye también la población de turistas que contribuyen a una mayor demanda energética durante el verano. Como consecuencia, se hace más imperativa la búsqueda y la aplicación de estrategias para conseguir la autosuficiencia energética en una región tan dinámica como es la cuenca mediterránea, enfocando en el aprovechamiento de las fuentes energéticas locales, principalmente de energía solar y eólica. Aquí los habitantes se enfrentan a muchos problemas, como son la desconexión de la red eléctrica de la península y la falta de agua, por lo cual a menudo se recurren a soluciones caras, una de las cuales es la importación de la energía, tanto para su transformación en energía eléctrica como para el consumo energético final. Teniendo en cuenta la abundancia de las fuentes energéticas naturales que las islas tienen, así como las características geomorfológicas específicas de cada una, se puede plantear la implantación de sistemas de energías renovables, como son los sistemas fotovoltaicos y los colectores solares, los aerogeneradores en ubicaciones de mayor altitud, la cultivación de plantas de biomasa y la extracción de geotermia. Los sistemas de energías renovables pueden cubrir las demandas energéticas y cuando la demanda es baja, la energía que sobra se puede convertir en desalinización de agua para las necesidades locales. Los sistemas energéticos en las islas son diversos y vinculados con cada ubicación específica y por lo tanto es imprescindible examinar las islas individualmente con respecto al uso energético y a los recursos disponibles.

Hay que añadir que el sector residencial incluye también las viviendas existentes, un caso interesante desde el punto de vista energético, ya que su conservación forma parte de la economía de las islas, basada principalmente en la población de turistas que visita la isla para disfrutar del buen ambiente y su paisaje, marcado también por su arquitectura tradicional. Por lo tanto será interesante también el enfoque de la rehabilitación energética de las viviendas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Definición del tema del estudio

El estudio se trata del análisis del estado actual de los flujos energéticos de Paros y de las posibilidades que existen para aplicar las tecnologías de energías renovables en el sector residencial.

El caso de las islas es interesante debido a su ubicación y sus estructuras socio económicas. Actualmente, las islas puede que lideren el camino hacia el uso de energías sostenibles a gran escala y un estudio más concreto sobre una isla puede dar conclusiones que tal vez sirvan en el caso de otras similares. Se ha elegido una isla donde no se han explotado todavía sus flujos de energías limpias a sus máximas potencias. Hasta el 2007 se notaba una demanda alta constante en el sector del turismo y de la edificación, pero gradualmente, a partir de aquel año y a causa de la crisis económica, el ritmo de las obras de edificación ha bajado y el turismo, por lo menos de los nativos, conoce una caída significativa. Por lo tanto, la explotación de los flujos energéticos naturales de la isla y la reducción de la demanda energética podría convertir Paros en una isla independiente energéticamente, competitiva y atractiva, siendo un destino turístico más verde que otros.

Las medidas que se proponen después de calcular detalladamente todos los datos que ayudan a definir la demanda energética actual de la isla y su capacidad de incorporar energías renovables, servirán para conseguir el balance cero y la autosuficiencia energética en diferentes tipos de demandas energéticas del sector residencial, tanto a nivel de la isla con la cultivación de plantas de biomasa, como a la escala de un edificio nuevo o existente, incorporando las energías renovables en su diseño o en su rehabilitación, respectivamente. El balance cero se consigue cuando la misma cantidad de energía que se produce es la que se consume. La definición de la autosuficiencia es casi la misma, sin embargo en este caso la energía tiene que ser propia.

1.2 Objetivos

El objetivo de este trabajo es comprobar si es posible, y hasta qué punto, la autosuficiencia energética en el sector residencial de la isla mediterránea de Paros.

Los objetivos específicos del trabajo son:

- Identificar los datos climáticos más influyentes sobre el consumo energético del sector residencial.
- Registrar la variación de la población de la isla, buscando la mínima y la máxima que definirán la mínima y la máxima demanda energética, respectivamente.
- Registrar el número de las viviendas que constituyen el sector residencial, y todos los datos relacionados con el que influyen también el consumo energético.
- Registrar las cantidades de energías renovables y no renovables que se generan a lo largo del año, un dato clave para saber la potencia energética de la isla.
- Registrar la cantidad de energía consumida por el sector residencial.
- Elaborar los datos de los registros anteriores, definiendo porcentajes e indicadores sobre el consumo de una vivienda, un hogar etc.
- Proponer medidas para reducir la demanda energética actual del sector residencial y averiguar cuánto se puede reducir con la aplicación de éstas.
- Proponer la incorporación de sistemas de energías renovables para cubrir las demandas energéticas ya reducidas y dimensionarlos en función de las dimensiones del sector residencial.
- Analizar el procedimiento de la recogida y de la elaboración de los datos.
- Analizar los resultados obtenidos con la aplicación de las medidas para bajar las demandas energéticas y por la incorporación de energías renovables para cubrir estas demandas ya bajadas.

1.3 Metodología

En primer lugar, se explica todo lo que tiene que ver con las características morfológicas de la isla, su ubicación y su clima, los factores socio-económicos que la caracterizan, y se intenta describir detalladamente el sector de la edificación, enfocándolo en el sector residencial. Los datos directos que se usan son principalmente los del censo de 2001 de la Oficina Nacional de Estadísticas de Grecia.

En la siguiente parte se intenta describir cual es la situación actual de la isla en temas de energía. Cuál es la cantidad de energía que se produce realmente, de qué forma es, y cuanta es la que finalmente se consume en el sector residencial de la isla, en los últimos años, son las preguntas que tienen que estar respondidas para seguir adelante con las proposiciones de estrategias. Las energías que se generan se distinguen entre dos tipos, renovables y no renovables y se intenta también calcular la parte de las renovables que contribuye en el consumo final, para saber cuál es la cantidad que realmente tiene que aportar la producción de energías renovables. Los datos del apartado anterior elaborados pueden dar la cantidad de energía por persona, por m² y por hogar, y todos los indicadores y porcentajes que se necesitan para tener una imagen más exacta del perfil energético del sector residencial de la isla.

A continuación, teniendo en cuenta los datos anteriores, se intenta evaluar la situación energética y proponer estrategias para reducir la demanda, reforzando simultáneamente el aprovechamiento de las energías renovables. En primer lugar, se proponen acciones y decisiones que se tienen que tomar para asegurar una primera reducción de la demanda energética y en segundo se proponen con más detalle, las incorporaciones de energías renovables en forma de paneles fotovoltaicos y colectores solares. En el primer caso las estrategias tienen que ver con el comportamiento energético de los usuarios, la reducción de la demanda de energía por la minimización de pérdidas y el aumento de la eficiencia de las instalaciones de producción. En el segundo caso, la demanda de energía del sector residencial eléctrica y de ACS, ya reducida por las medidas que se han mencionado, se puede repartir por unidad de paneles fotovoltaicos y colectores solares para que se cubra con su funcionamiento. Se dimensiona la superficie necesaria y se compara con la superficie de cubiertas dispuesta en el sector residencial. En cuanto a la demanda de calefacción, una vez determinada, se propone la cultivación de una parte de los terrenos cultivables de la isla, de una planta que aporta biomasa, como alternativa al petróleo.

La parte final se dedica a conclusiones y pensamientos sobre el desarrollo y los resultados de la investigación sobre la posibilidad de conseguir el balance cero y la autosuficiencia energética.

Los datos que se han utilizado son principalmente de la Empresa Nacional de Electricidad y del censo anual de 2001 de la Oficina Nacional de Estadísticas de Grecia. Desafortunadamente, los resultados oficiales del censo de 2011 se publicarán oficialmente en 2013. También se utilizaron las estadísticas de EUROSTAT, la base de datos de ODYSEE MURE y el informe estadístico anual de BP. Otros datos que se han obtenido son la superficie del sector residencial electrificado, del Ayuntamiento de Paros y los datos de embarques y desembarques de la Autoridad Portuaria y del aeropuerto de Paros.

2. EL CASO DE ESTUDIO: LA ISLA DE PAROS

2.1 La ubicación y la geomorfología de Paros

Paros (longitud: $37^{\circ} 5' 00''\text{N}$, latitud: $25^{\circ} 8' 00''\text{O}$), se sitúa en el centro del conjunto de islas del mar Egeo que se llaman Cícladas [Fig.1], en el sureste de Grecia. La isla se encuentra en el este de la isla de Naxos, a 5 km, y en el oeste de la isla de Antiparos, a 1 km, donde se cruzan las rutas del mar Egeo [Fig.2]. Está a 90 millas náuticas del Pireo, que es el puerto más grande de Grecia. Es la tercera isla más grande del conjunto con una superficie de $196,31 \text{ km}^2$ y una línea costera de 118.5 km de longitud. Su forma es elíptica con su gran eje hacia la dirección noreste-suroeste. En la figura 3 se notan los dos puertos de la isla, donde se encuentran la mayoría de las viviendas construidas en la isla. El más grande está en el oeste y es el de Parikiá, la capital de Paros, y el segundo es el de Náusa que está en el norte.

Paros se considera una de las islas más fértiles de Cícladas, con pocas superficies cultivables en la zona entre las dos ciudades principales, gracias a su abundancia de aguas subterráneas y de pequeñas llanuras. El relieve de la isla es relativamente marcado, con un gran volumen central que se orienta hacia el sureste, dejando una gran zona llana en la parte noroeste [Fig.4]. Su mayor cima es la de Profitis Ilias (771 m). El suelo es pedregoso, compuesto por granitos y estratos calcáreos. Paros es famosa por la calidad de su mármol. En cuanto a las orientaciones del suelo de la isla, están relacionadas con los volúmenes de las montañas [Fig.5].



Fig. 1 El conjunto de las islas Cícladas en el mar Egeo



Fig. 2 La isla de Paros en el centro del conjunto



Fig. 3 La isla de Paros donde se notan las dos ciudades principales, Parikiá, en el oeste y Náusa en el norte.

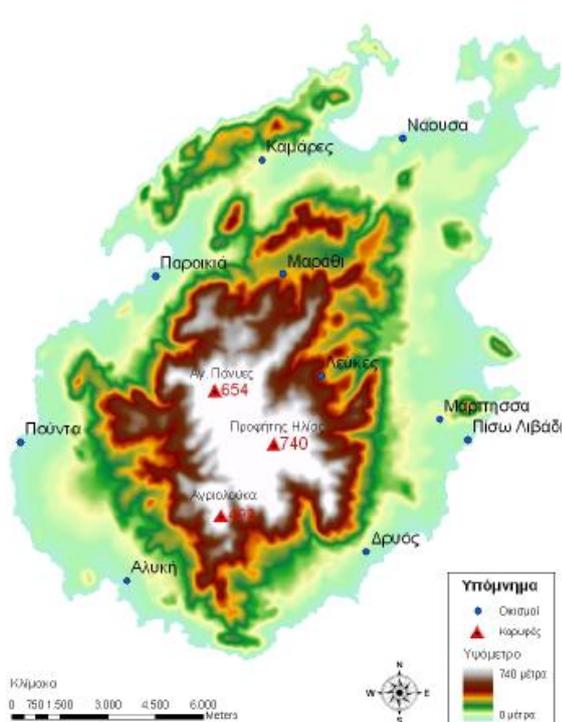


Fig. 4 Mapa del relieve de la isla
Fuente: Kliasou (2008)

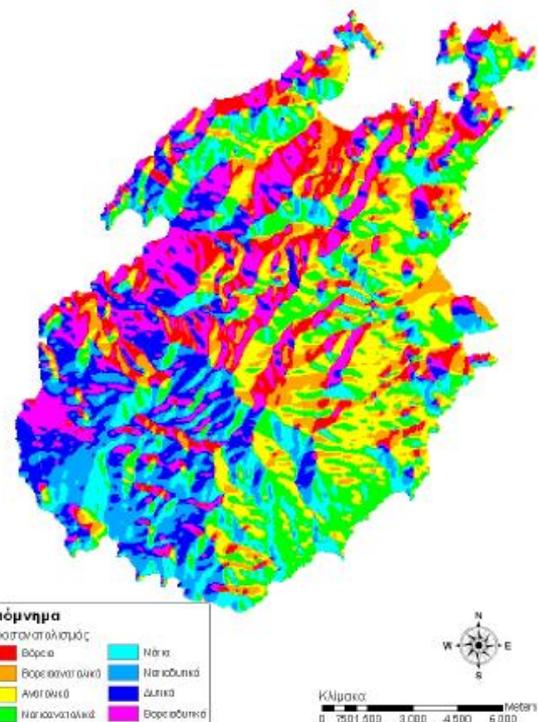


Fig. 5 Mapa de las orientaciones del suelo
N, NE, E, SE, S, SO, O, NO
Fuente: Kliasou (2008)

2.2 El clima de la isla

El clima de Paros es mediterráneo templado y seco, típico de las islas de Cícladas, lo que significa que el invierno es suave y sin fenómenos atmosféricos extremos. Las temperaturas de verano son más bajas que en otras zonas del país gracias a los vientos predominantes del norte y noroeste. La T_{med} del mes más frío es 11.2 °C. y la T_{med} del mes más caliente 25.5 °C.

Los vientos predominantes son los de norte, con un porcentaje de 38,1 % y siguen los de noreste (15,9%) y noroeste (13%). Los más fuertes se llaman “meltemia” y soplan en julio y agosto con intensidad de 5 a 7 Beaufort, y raramente de 7 a 9. Hay que destacar que el porcentaje de calma es prácticamente 0.

En la misma época se nota, también, escasez de precipitaciones. La altura media de las precipitaciones es 459 mm por año, en total. No se suele observar nieve ni granizo, sin embargo las tormentas son más frecuentes. Los días nublados son muy pocos y el asoleamiento dura bastantes horas.

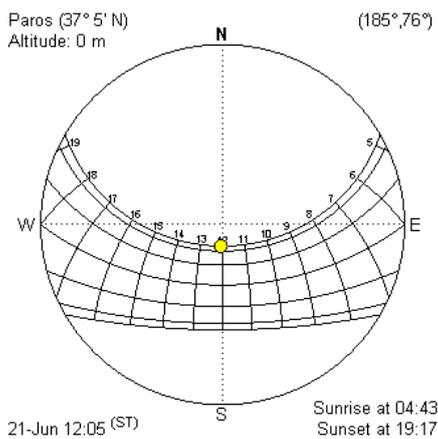


Fig. 6 El recorrido solar en Paros
(37° 5'00"N, 25° 8'00"O)
Fuente: Heliodon

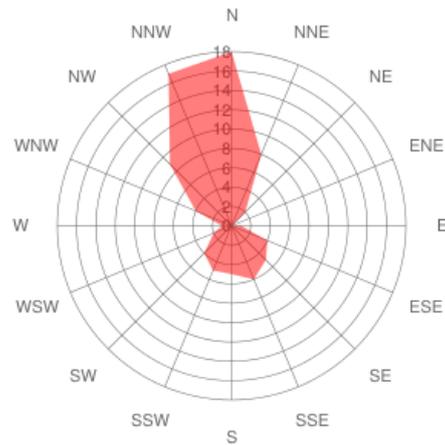
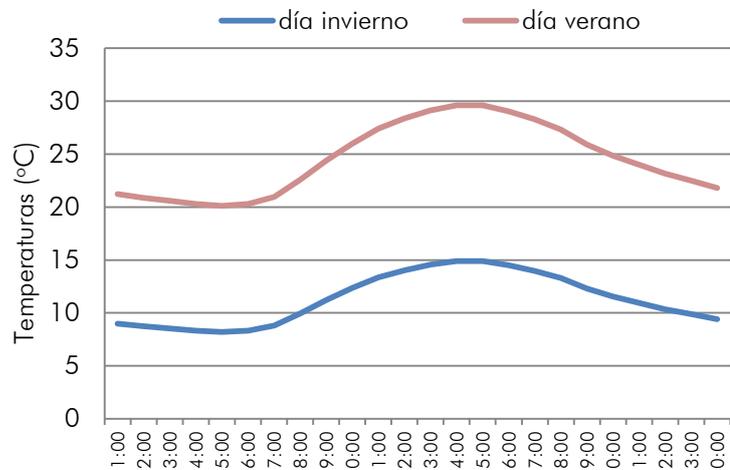
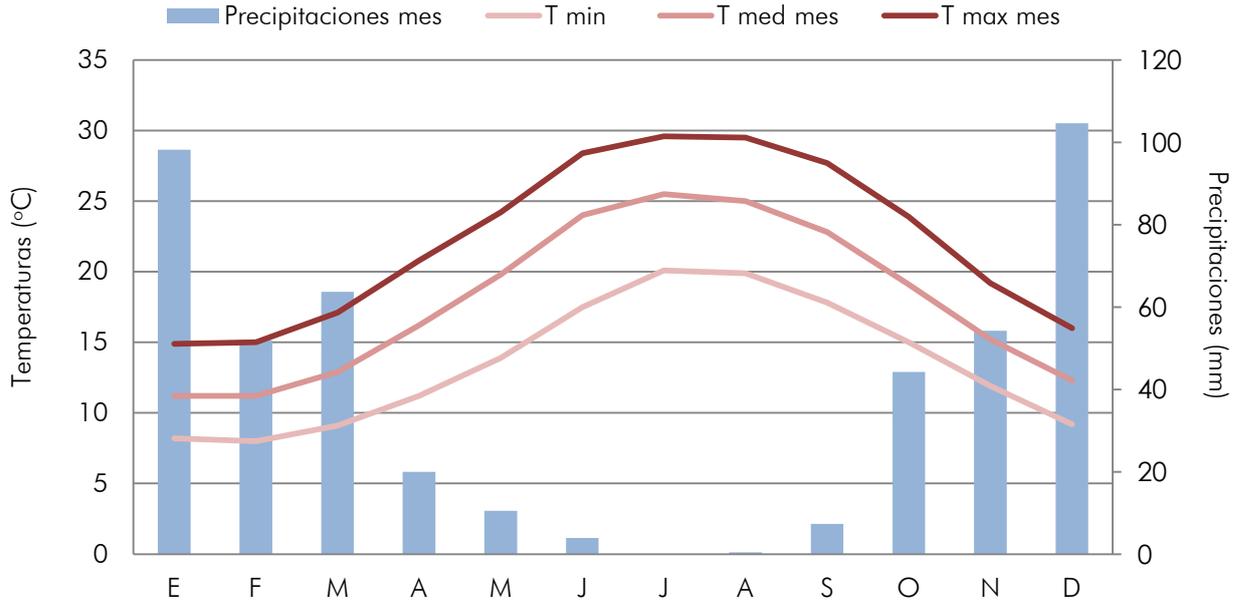


Fig. 7 Rosa de direcciones de vientos de Paros
anual
Fuente: windfinder.com

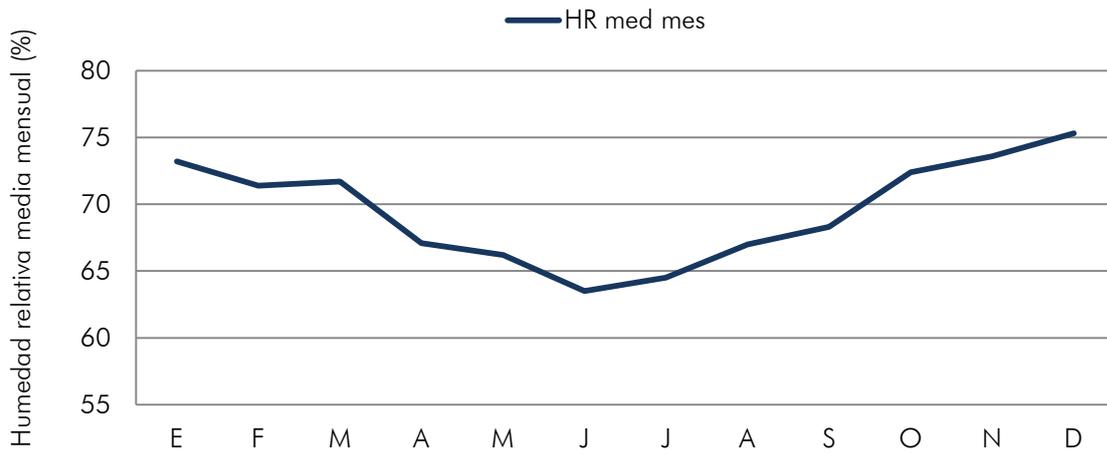
T_{med} año: 17.9 °C
 T_{med} invierno: 11.2 °C
 T_{med} verano: 25.5 °C
 T_{min} promedio año: 13.5 °C
 T_{max} promedio año: 22.2 °C
 HR_{med} año: 70 %
 HR_{med} invierno: 73.2 %
 HR_{med} verano: 64.5 %
 Precipitaciones año total: 459 mm
 Dirección de vientos predominantes: N
 V_{med} invierno-verano: 24 km/h
 Frecuencia día invierno: 18 % N, 24 km/h
 Frecuencia día verano: 18% N, 17% NNO,
 28-30 km/h



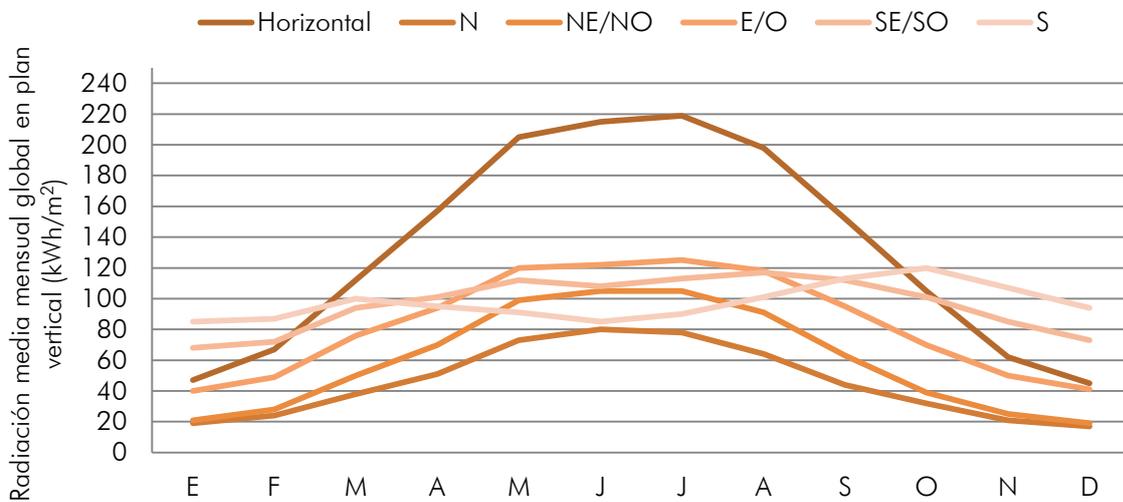
Gráf.1 Oscilación de temperatura a lo largo del día tipo
invierno y día tipo verano
Fuente: Normativa del Rendimiento Energético de los
Edificios



Gráf.2 Oscilación de temperaturas y precipitaciones por mes [14]



Gráf.3 Oscilación de la humedad relativa por mes [14]



Gráf.4 Oscilación de radiación media global por mes [14]

2.3 Los factores socio-económicos que caracterizan la isla

La economía de Paros

En los años 2000 la isla ha conocido un gran desarrollo turístico y una gran parte de los isleños se emplean en este sector, en hoteles y otros negocios turísticos. Además, se desarrolló mucho el sector de la edificación donde se notó un gran ritmo constructivo, principalmente de viviendas de veraneo, lo cual tuvo un impacto muy grande en otros sectores de la isla, sobre todo en su economía. Por lo tanto, es aún más importante la aclaración del perfil energético de la isla tanto en invierno como en verano cuando se nota un gran aumento de la población de los consumidores formado por veraneantes y los turistas, aparte de los que viven permanentemente. El periodo de mayor turismo dura de mayo a octubre y agosto es el mes de punta.

La población de Paros

- Descripción:

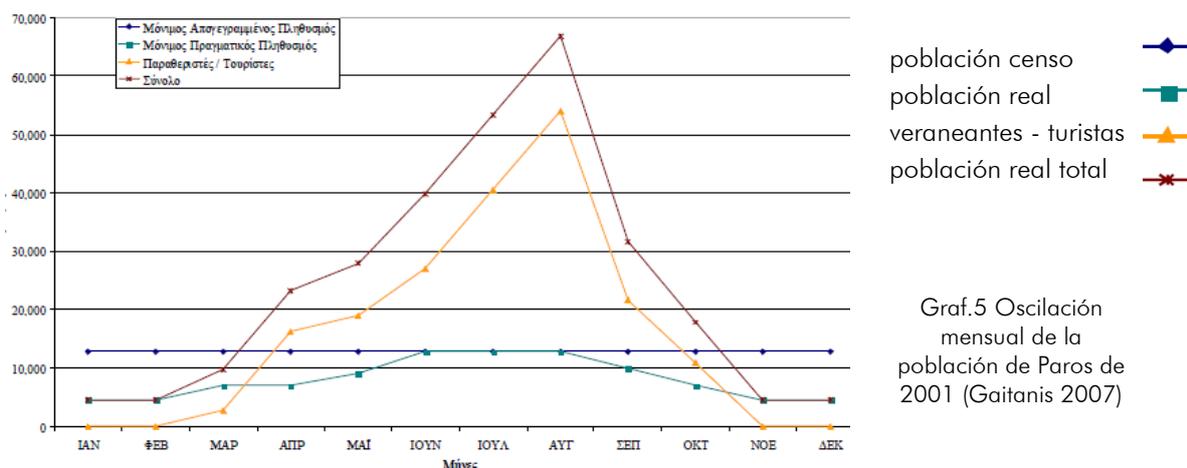
En Paros se nota un gran aumento de su ocupación durante agosto, ya que es uno de los más preferibles destinos turísticos de Cícladas y de Grecia en general. En este apartado se intentará registrar la población de la isla y más concretamente, la población que consume durante el invierno y el verano. Este registro sirve para calcular la demanda energética y a continuación utilizar este cálculo para proponer estrategias que la podrían disminuir. Por lo tanto, esa variación es la que influye principalmente el comportamiento energético de la isla, ya que el aumento de la población conlleva un aumento de la demanda energética. Además, los datos sobre la población de los últimos años pueden dar una imagen más fiable de la demanda energética, los cuales servirán también en los cálculos de la demanda energética.

- Detección de datos directos y problemas:

El dato directo con que podemos empezar el cálculo es la población registrada dada por el censo de 2001 de la Oficina Nacional de Estadísticas de Grecia. Aún no se han publicado los resultados del censo siguiente que tuvo lugar en 2011, se conoce inoficialmente que la población de 2001 de 12853 habitantes había incrementado hasta los 14900 en 2011. No hay datos directos de la población de los años entre 2001 y 2011 y tampoco existen datos del aumento de la ocupación de la isla por habitantes y veraneantes a lo largo del año o a lo largo de los siguientes años.

- Cálculo:

El dato básico del cálculo de la población real durante el invierno y el verano será la población permanente que se ha registrado durante el censo de 2001 y que está siendo utilizado también en el trabajo de Gaitanis de 2007, sobre el desarrollo sostenible de la isla. En la Fig. xx, (Gaitanis 2007) se ha calculado la población total real de la isla a lo largo del año 2001, utilizando como base la población permanente del censo de 2001, adaptándola a la realidad (población permanente real) y añadiendo a esa última la población de los veraneantes y los turistas. La población de los veraneantes de 2001 ha sido posible definir gracias a los datos de la autoridad portuaria de los desembarques en la isla.



Graf.5 Oscilación mensual de la población de Paros de 2001 (Gaitanis 2007)

Utilizando este trabajo como referencia, se ha intentado calcular la población total real de la isla durante los últimos años, con el fin de tener una imagen más actualizada. Para empezar, se calcula la población total real que consta de la población permanente real, (ajustada en este caso en función de la población del censo) y esta misma proporción de la suma de las dos se utilizó para encontrar la población real de los años siguientes. La población del censo es conocida para los años 2001 y 2011, y por lo tanto los años entre estos dos se supone que llevan una población incrementada de forma proporcional. Lo que falta para la suma total es la población de los veraneantes y de los turistas, un dato que se ha producido, una vez más proporcionalmente, por los datos de desembarques dados por la autoridad portuaria y el aeropuerto de Paros. Así se puede configurar la población total real de la isla y su variación entre invierno y verano.

| | | 2001 | 2009 | 2010 | 2011 | % de los desembarques (barcos y aviones) [4] |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| desembarques [3] | | 623.013 | 620.754 | 576.465 | 475.584 | |
| distribución de veraneantes - turistas | marzo | 2.700 [2] | 2.690 [4] | 2.498 [4] | 2.061 [4] | 0,43 |
| | abril | 16.200 [2] | 16.141 [4] | 14.990 [4] | 12.366 [4] | 2,60 |
| | mayo | 18.900 [2] | 18.831 [4] | 17.488 [4] | 14.428 [4] | 3,03 |
| | junio | 27.000 [2] | 26.902 [4] | 24.983 [4] | 20.611 [4] | 4,33 |
| | julio | 40.500 [2] | 40.353 [4] | 37.474 [4] | 30.916 [4] | 6,50 |
| | agosto | 54.000 [2] | 53.804 [4] | 49.965 [4] | 41.222 [4] | 8,67 |
| | septiembre | 21.600 [2] | 21.522 [4] | 19.986 [4] | 16.489 [4] | 3,47 |
| | octubre | 10.800 [2] | 10.761 [4] | 9.993 [4] | 8.244 [4] | 1,73 |

Tabla.1 Cálculo de la población de veraneantes y turistas en función de los desembarques.

[1] datos directos del censo de 2001 y 2011

[2] datos de Gaitanis (2007)

[3] datos directos de la Autoridad portuaria de Paros y del aeropuerto de Paros

[4] datos en función de la distribución de veraneantes y turistas de 2001 por mes.

| Año | Población permanente según censo |
|------|----------------------------------|
| 2001 | 12.853 ^[1] |
| 2002 | 13.058 ^[2] |
| 2003 | 13.262 ^[2] |
| 2004 | 13.467 ^[2] |
| 2005 | 13.672 ^[2] |
| 2006 | 13.877 ^[2] |
| 2007 | 14.081 ^[2] |
| 2008 | 14.286 ^[2] |
| 2009 | 14.491 ^[2] |
| 2010 | 14.695 ^[2] |
| 2011 | 14.900 ^[1] |

Tabla 2 Cálculo de la población permanente de la última década.

[1] datos directos del censo de 2001 y 2011
 [2] datos estimados proporcionalmente

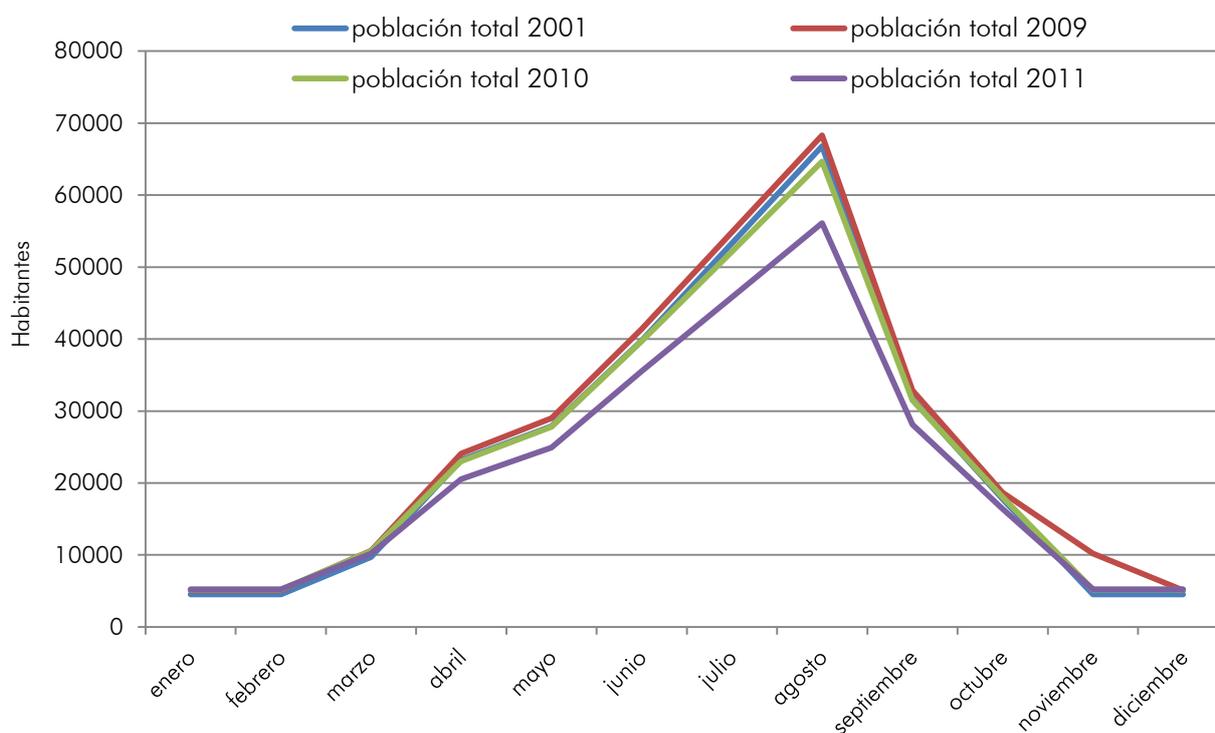
| | 2001 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| población según censo | 12.853 ^[1] | 14.491 ^[3] | 14.695 ^[3] | 14.900 ^[1] |
| población total real invierno | 4.500 ^[2] | 5.094 ^[3] | 5.166 ^[3] | 5.238 ^[3] |
| población total real verano | 66.800 ^[2] | 68.295 ^[3] | 64.660 ^[3] | 56.122 ^[3] |

Tabla.3 Cálculo de las ocupaciones mínimas y máximas durante los últimos años .

[1] datos directos del censo de 2001 y 2011

[2] datos de Gaitanis (2007)

[3] datos en función de la distribución de veraneantes y turistas de 2001 por mes.



Gráf. 6 Variación de la población total real en los últimos años.

Como se puede notar en los anteriores gráficos, la población incrementa mucho durante el verano, en agosto de 2011 se incrementa hasta 10 veces la población total real, en el periodo punta cuando vienen la mayoría de los turistas, y más concretamente de mayo a octubre. Sin embargo, en la tabla 3 se nota que se ha reducido la población permanente real en verano, a pesar de que se ha aumentado la permanente real de invierno.

2.4 El sector de edificación de la isla

Las viviendas de Paros en el pasado

Hay dos sistemas residenciales en Paros, uno más concentrado en las aldeas principales de la isla (Parikiá, Náusa, Lefkes, Kostos, Dragoulas, Marpisa) y el más disperso, donde encontramos unidades agrícolas aisladas que se llaman katikies. Las aldeas se han formado alrededor de unos núcleos, en grupos que tienen la forma de anillos, como manera de protegerse de las invasiones. Por lo tanto, hay muchos edificios, dentro de estos anillos, en Parikia y Nausa, de pequeño tamaño, donde se notan condiciones de luz natural y ventilación desfavorables. Hay veces que unos espacios de estas viviendas urbanas, como es el típico patio de la casa isleña, forman parte del espacio público, o se comparten entre dos viviendas.

A causa de las condiciones climáticas, los muros solían ser gruesos y las ventanas pequeñas. Las casas urbanas normalmente eran de dos plantas y pertenecían a dos familias respectivamente. Las casas urbanas también se dividían en dos categorías, las populares (obrera) y las señoriales que eran muy parecidas a las casas neoclásicas de la península. Todas las categorías de viviendas son variaciones de la misma forma, de solo un espacio que se llama monóforo y se encuentra en los tejidos urbanos densos, dentro de los núcleos de las aldeas fortificadas. Normalmente tienen la fachada principal estrecha con una dimensión mínima de 2,5 m. y cuanto más que se alejan del centro, lo más anchas y agregadas se construyen. De esta manera se hacen más cómodas y obtienen más espacios auxiliares. A partir de esta forma, se han creado dos tipos diferentes, el que resulta por la conexión de dos viviendas de este tipo y el que resulta por su compartimentación.

En la arquitectura tradicional de Paros se han utilizado mucho dos tipos de piedra, el esquisto y el mármol. El esquisto se utiliza mucho en los pavimentos de los edificios y de las calles. El mármol de Paros, de alta calidad se utilizaba en la construcción de marcos y de elementos decorativos o más practicables, como escaleras y fregaderos. En la estructura de los edificios se utilizaron las fides, que son un tipo de vigas, de pequeño tamaño y de madera local. En la construcción de las cubiertas, la mayoría planas, se utilizaban algas, tierra y cañas. El mortero que conectaba esos materiales, se reforzaba con pelos de cabra.

Las viviendas de Paros actualmente

- Descripción

A continuación se intenta un registro, lo más detalladamente posible, del sector de la edificación de Paros y más concretamente del sector residencial a lo largo de la última década, basado en el censo de 2001 y otros datos de la Oficina Nacional de Estadísticas de Grecia. El registro incluye datos tanto de las viviendas convencionales permanentes como los alojamientos temporales, es decir las viviendas colectivas y más precisamente los hoteles y las pensiones de habitaciones de alquiler, donde se alojan los turistas durante el periodo que dura de mayo a octubre. De esta manera se formará una imagen más exacta y actual de la población permanente y temporal y de sus alojamientos. Por lo tanto se podrá calcular la demanda energética con más precisión.

- Detección de datos directos y problemas

El cálculo se basa en las viviendas registradas en el censo de 2001. Además, la Oficina Nacional de Estadísticas ha registrado las nuevas viviendas de cada año a partir de 2001 hasta el 2011, aunque la cantidad exacta según el censo de 2011 será publicada a finales de 2012, por lo cual se pueden calcular solo con aproximación, es decir sumándolas cada vez en la cantidad del año anterior. El problema que se ha detectado en este caso es que no se define el tipo de las nuevas viviendas.

Las definiciones siguientes según la Oficina Nacional de Estadísticas de Grecia sirven para entender mejor los datos:

La vivienda convencional es la construcción permanente e independiente que consta de, al menos, una habitación normal y es destinada a ser la vivienda de un hogar.

Las viviendas colectivas son los alojamientos destinados, normalmente, a ser habitadas o a servir a muchas personas o grupos de personas. En estos se incluyen los hoteles, las pensiones, los hospitales, los monasterios etc.

Como hogar se consideran dos o más personas que viven juntas, se abastecen en común lo necesario para su manutención y comen, normalmente, juntos (hogar numeroso). El grupo de este hogar se puede constituir por personas familiares o no, o por combinación de ambos casos.

Además, se utiliza como dato directo la cantidad de viviendas electrificadas y sus m², del sector doméstico, según el Ayuntamiento de Paros, datos que también se utilizan por la Empresa Nacional de Electricidad para cobrar el impuesto particular del consumo eléctrico, de 2012. Las viviendas electrificadas son 12.660 y su superficie total.

Datos que faltan y que serían muy útiles para el trabajo si existieran son las superficies, los volúmenes, las plantas y las habitaciones de las viviendas existentes en 2001 y de las nuevas, ya que las habitaciones están solo registradas para los hogares en grupos de 1, 2, 3, 4, 5, y 6+. No está muy clara la correspondencia entre las viviendas y los hogares y tampoco existen datos de cuantos hogares incluye una vivienda. Es decir que no se sabe si una vivienda, que no está vacía, puede estar sin un hogar.

- Cálculo de las viviendas y de los hogares electrificados

La aproximación de las viviendas convencionales de los últimos años se hará con referencia al dato del censo de 2001 y de manera proporcional. El total de las viviendas convencionales en 2001 era 10.582 e incluye también las que había en colectivas. A partir de todas las tablas de datos sobre las viviendas convencionales, los hogares y los edificios de Paros, de 2001, podemos establecer unos porcentajes del número total de las viviendas. Se utiliza como base y añadiendo cada vez las viviendas adicionadas en cada año. El número total de viviendas de 2012 que sale de la aproximación no coincide con el número de las inscripciones del registro de superficies electrificadas y las posibles razones por esta discrepancia son la falta de datos sobre las viviendas que se han derrumbado o abandonado.

| año | viviendas convencionales total | viviendas añadidas por año | viviendas habitadas (invierno) | viviendas vacacionales | viviendas vacías (para alquilar o vender) | viviendas según sus servicios | | hogares según sus servicios | | |
|---------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|---|-------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|
| | | | | | | iluminación | calefacción central | total | iluminación | calefacción con petróleo |
| 2001 ^[1] | 10582 | 373 | 4509 | 4936 | 1045 | 10299 | 2745 | 4261 | 4230 | 1542 |
| 2002 | 10955 ^[2] | 632 ^[2] | 4668 ^[2] | 5110 ^[2] | 1082 ^[2] | 10514 ^[4] | 2842 ^[2] | 4329 ^[2] | 4297 ^[2] | 1567 ^[5] |
| 2003 | 11587 ^[2] | 953 ^[2] | 4937 ^[2] | 5405 ^[2] | 1144 ^[2] | 10728 ^[4] | 3006 ^[2] | 4397 ^[2] | 4365 ^[2] | 1592 ^[5] |
| 2004 | 12540 ^[2] | 489 ^[2] | 5343 ^[2] | 5849 ^[2] | 1205 ^[2] | 10943 ^[4] | 3253 ^[2] | 4465 ^[2] | 4432 ^[2] | 1616 ^[5] |
| 2005 | 13029 ^[2] | 781 ^[2] | 5552 ^[2] | 6077 ^[2] | 1287 ^[2] | 11158 ^[4] | 3380 ^[2] | 4532 ^[2] | 4499 ^[2] | 1641 ^[5] |
| 2006 | 13810 ^[2] | 442 ^[2] | 5884 ^[2] | 6442 ^[2] | 1364 ^[2] | 11372 ^[4] | 3582 ^[2] | 4600 ^[2] | 4567 ^[2] | 1665 ^[5] |
| 2007 | 14252 ^[2] | 531 ^[2] | 6073 ^[2] | 6648 ^[2] | 1407 ^[2] | 11587 ^[4] | 3697 ^[2] | 4668 ^[2] | 4634 ^[2] | 1690 ^[5] |
| 2008 | 14783 ^[2] | 534 ^[2] | 6299 ^[2] | 6896 ^[2] | 1460 ^[2] | 11801 ^[4] | 3835 ^[2] | 4736 ^[2] | 4702 ^[2] | 1714 ^[5] |
| 2009 | 15317 ^[2] | 445 ^[2] | 6527 ^[2] | 7145 ^[2] | 1513 ^[2] | 12016 ^[4] | 3973 ^[2] | 4804 ^[2] | 4769 ^[2] | 1739 ^[5] |
| 2010 | 15762 ^[2] | 620 ^[2] | 6716 ^[2] | 7352 ^[2] | 1557 ^[2] | 12231 ^[4] | 4089 ^[2] | 4872 ^[2] | 4836 ^[2] | 1764 ^[5] |
| 2011 | 16382 ^[2] | 256 ^[2] | 6980 ^[2] | 7641 ^[2] | 1618 ^[2] | 12445 ^[4] | 4250 ^[2] | 4940 ^[2] | 4904 ^[2] | 1788 ^[5] |
| 2012 | 16638 ^[2] | | | | | 12660 ^[3] | | | | |

Tabla.4 Cálculo de las viviendas de Paros de la última década

[1] datos directos del censo de 2001 y directos hasta el 2011

[2] datos en función de la distribución de los datos de 2001

[3] datos del Ayuntamiento de Paros

[4] datos en función del dato directo de las inscripciones de superficies electrificadas del Ayuntamiento de Paros

[5] datos en función de los datos directos de EEA, según los cuales, el 36.2 % de los hogares de las isla del Egeo Sur usa calefacción de petróleo, 2008-2009

| número de plantas | Plantas de los edificios | |
|-------------------|--------------------------|-------|
| | planta baja | 8038 |
| | 1 | 3551 |
| | 2 | 485 |
| | 3 | 5 |
| | total | 12079 |

Tabla.5 Plantas de los edificios

Fuente de datos: censo de 2001

Según el censo de 2001, el 67% de los edificios de la isla son de una planta y el 30% de dos. Hasta el 2000, el 70% se había construido antes del 1985. El 70% era construido de hormigón y el 25 % de piedra. El 93% tiene cubierta plana.

- Cálculo de la superficie de las cubiertas de los edificios con viviendas electrificadas

En este punto del trabajo se puede calcular también la superficie que corresponde a las cubiertas de los edificios con viviendas electrificadas, un dato que servirá más adelante en las estrategias que tienen que ver con la incorporación de sistemas captantes de energía solar. En este caso calculamos la superficie de cubiertas de 2011 que es el año más reciente de recogida de datos, teniendo en cuenta también el dato del Ayuntamiento de la superficie total de viviendas electrificadas de 2012 del sector residencial, 1.516.579 m².

En diciembre de 2000 había 12.709 edificios en Paros, con 7.680 de estos de viviendas de uso exclusivo, es decir que tienen uso exclusivamente doméstico, que contenían 9.706 convencionales, pero faltan las cubiertas del uso mixto que contienen las 1.511 viviendas de uso mixto. Eso se puede calcular sabiendo que si había 10.582 viviendas convencionales en los 7.680 edificios, que contenían 10.299 viviendas electrificadas, en las 9.706 viviendas de uso exclusivo, las 9.446 son electrificadas y en las 1.511, las 1.471 son viviendas electrificadas. De la misma manera se pueden calcular los edificios de cubiertas de los edificios de uso mixto, que son 1196.

En 2001 había entonces $7.680 + 1.196 = 8.876$ cubiertas con 10.299 viviendas electrificadas, lo que proporcionalmente nos da para las 12445 viviendas electrificadas que existen en 2011, 10.725 cubiertas de edificios electrificados del sector residencial. De la misma manera se pueden estimar los m² del sector doméstico para 2011: 1.490.824. Si aplicamos en el total de cubiertas los porcentajes de los edificios según sus plantas del censo de 2001, sale un total de 14.753 de plantas de una media superficie de 101m² cada una. El número de las cubiertas multiplicado por la superficie media nos da el número que buscamos: 1.083.819 m², lo cual es la superficie de cubiertas de edificios con viviendas electrificadas.

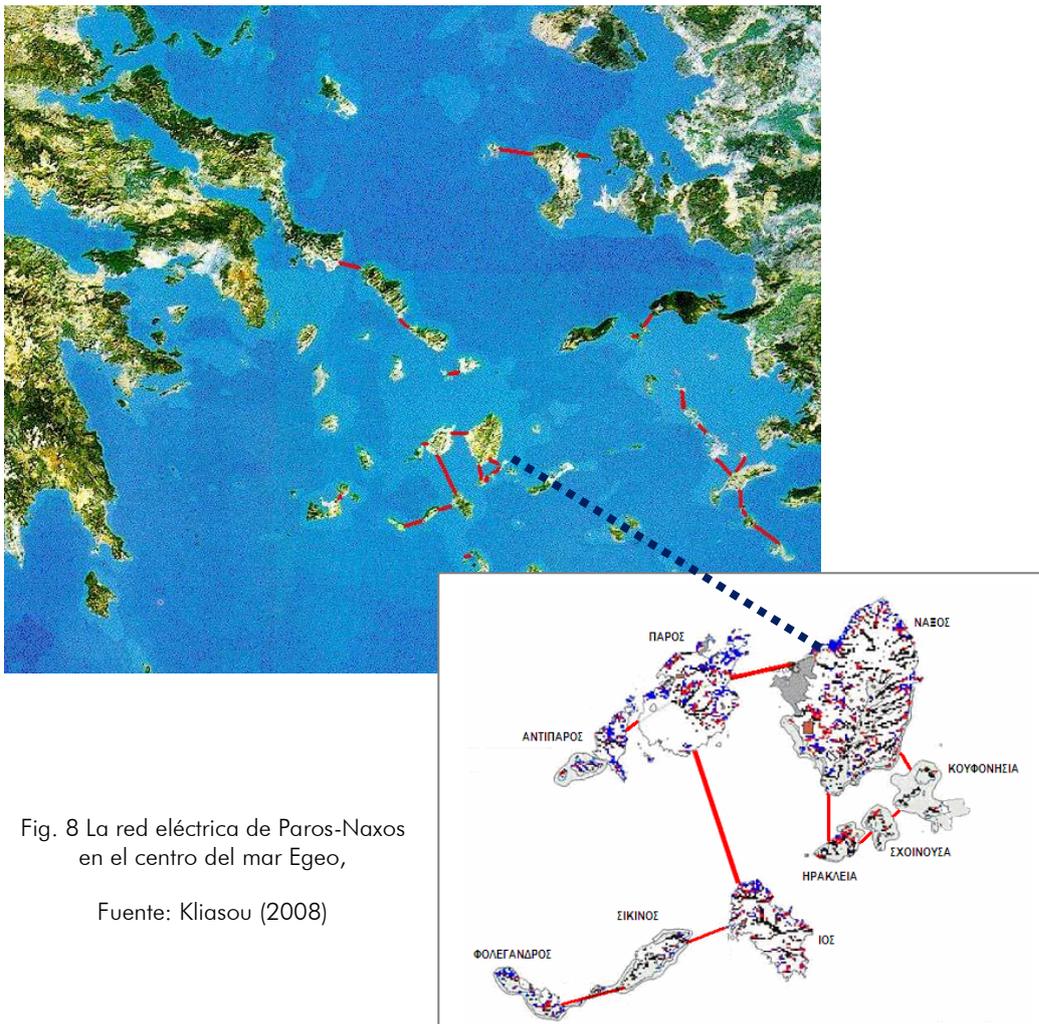
La falta de unos datos al final no impide la realización de cálculos, aunque sea muy aproximado, siempre que se base en datos directos correctos. Así se puede llegar a conclusiones útiles sobre el sector residencial que a continuación se utilizarán en las estrategias propuestas sobre el balance cero y la autosuficiencia de las viviendas de Paros.

3. EL ESTADO ACTUAL DEL FLUJO ENERGÉTICO DE PAROS

3.1 La generación de energía

3.1.1 La generación de energías no renovables

Aparte del grupo de Cícladas del mar Egeo, Paros forma parte de otro grupo más grande, de las islas no interconectadas energéticamente con la península. Por otro lado, pertenece en la red eléctrica del conjunto Paros – Naxos que se denomina por sus 2 islas más grandes e incluye las islas de Paros, Naxos, Antiparos, Koufonisia, Sjinousa, Heraklia, Sikinos, los y Folegandros., cada una con su propia unidad de producción. El abastecimiento de energía eléctrica en este sistema, igual que en la mayoría de las islas del Egeo, se realiza tras el funcionamiento de estaciones de producción autónomas. Estas estaciones utilizan máquinas de diesel, es decir, su funcionamiento se basa en el funcionamiento de máquinas de combustión interna y consumen petróleo diesel o mazut. El hecho de que en el sistema de Paros-Naxos hay grandes oscilaciones de carga, combinado con el pequeño tamaño de las estaciones de producción y con las dificultades en el transporte de los combustibles en las islas, conduce al rendimiento más bajo de las máquinas de producción, al alto consumo de combustibles y por consiguiente a un coste demasiado alto de producción de energía eléctrica [2]. En 2007, la potencia de la red se caracterizaba pobre, de 61 MW, y sigue produciendo problemas de desconexiones en los periodos punta de julio y agosto hasta hoy.



- Descripción

La producción eléctrica a partir de combustión en Paros es lo que se intenta calcular en este apartado teniendo como objetivo observar su variación a lo largo de un año y dentro de los últimos años.

- Detección de datos directos y problemas

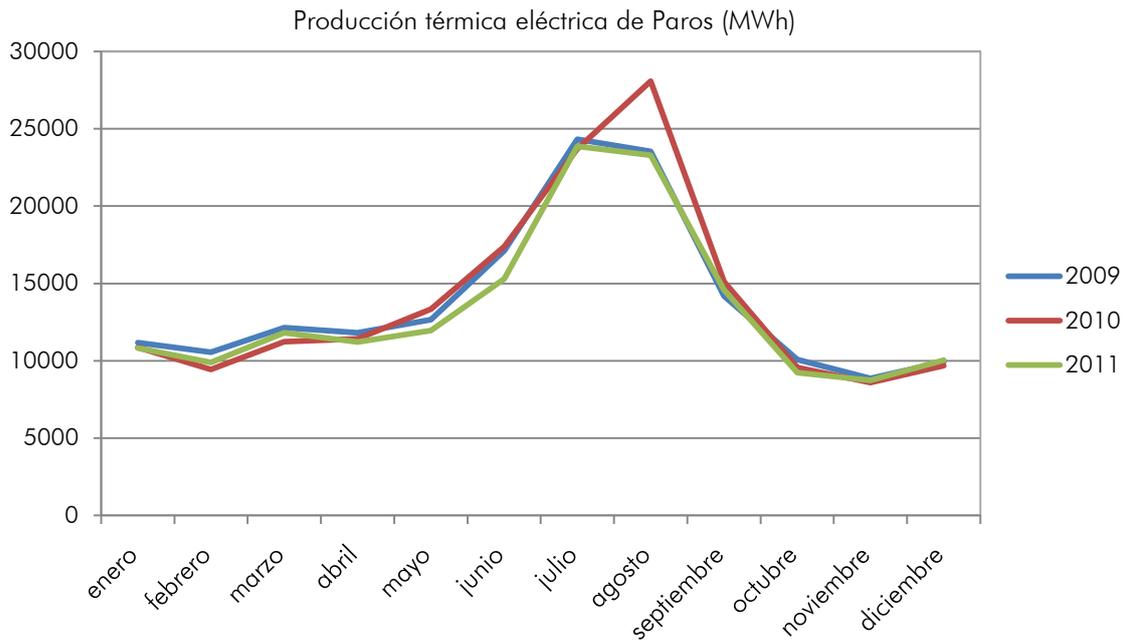
Los datos directos que se utilizan como base en este cálculo son los datos obtenidos por la base de datos de la Empresa Nacional de Electricidad sobre la producción térmica de electricidad en las islas no interconectadas. Los datos están desagregados en estas islas en la base de datos de RAE, pero solo para los años 2007 y 2008, y el consumo de Paros se incluye en la red eléctrica de Paros-Naxos. Lo más importante en esta lista es que se comenta por los creadores que la producción y la potencia instalada de Paros se han calculado proporcionalmente. Aplicando estas proporciones en los datos más generales de las islas interconectadas, ya se puede saber cuál es la cantidad que corresponde a Paros.

- Cálculo de la producción de energía eléctrica a partir de combustión

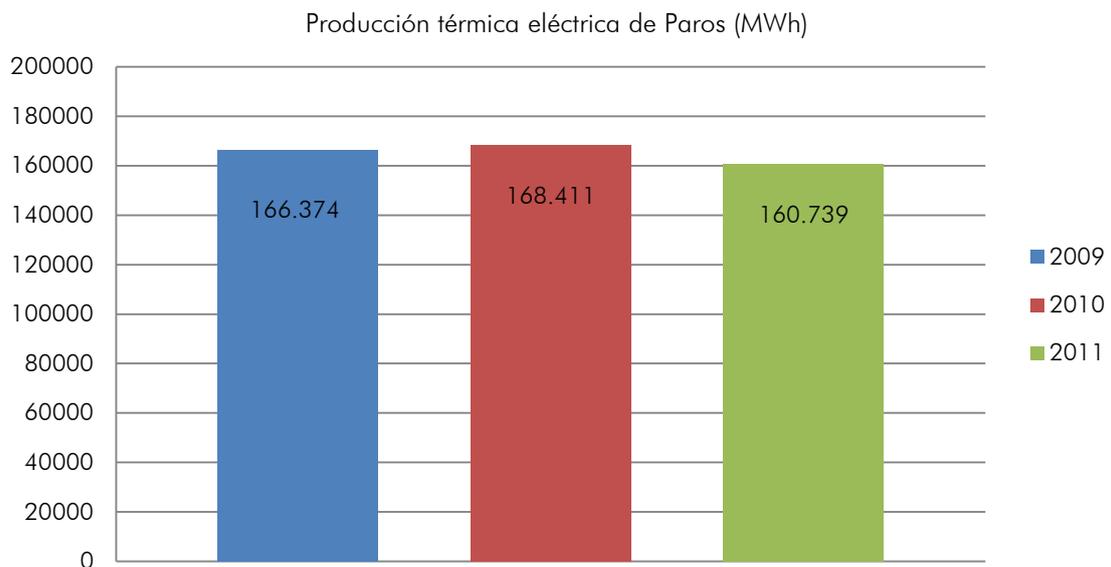
El cálculo como ya se ha mencionado, contiene los datos directos de la producción de las islas interconectadas por mes, en los últimos años, ajustados proporcionalmente para obtener la producción de Paros.

| Producción térmica eléctrica de Paros (MWh) | | | |
|---|---------|---------|---------|
| | 2009 | 2010 | 2011 |
| enero | 11.168 | 10.859 | 10.817 |
| febrero | 10.561 | 9.441 | 9.895 |
| marzo | 12.138 | 11.237 | 11.805 |
| abril | 11.809 | 11.422 | 11.212 |
| mayo | 12.662 | 13.332 | 11.953 |
| junio | 17.111 | 17.393 | 15.300 |
| julio | 24.326 | 23.704 | 23.872 |
| agosto | 23.550 | 28.086 | 23.302 |
| septiembre | 14.189 | 15.114 | 14.574 |
| octubre | 10.083 | 9.556 | 9.233 |
| noviembre | 8.853 | 8.586 | 8.736 |
| diciembre | 9.924 | 9.682 | 10.040 |
| TOTAL | 166.374 | 168.411 | 160.739 |

Tabla.6 La producción eléctrica a partir de combustión de Paros
Elaboración de datos de la Empresa Nacional de Electricidad y de RAE



Gráf. 7 La producción eléctrica a partir de combustión a lo largo del año
Fuente de datos: Empresa Nacional de Electricidad, RAE



Gráf. 8 La producción eléctrica a partir de combustión en los últimos años
Fuente de datos: Empresa Nacional de Electricidad, RAE

La producción eléctrica por combustión sigue protagonizando en el sector de la producción de energía de la isla y con mes pico el de agosto, pero también sigue influyendo de manera negativa su paisaje y medio ambiente. Sin embargo, la cantidad producida está decreciendo lo que se podría justificar, aparte de la menor cantidad de energía primaria que se utiliza por la crisis económica, como también por la contribución de las energías renovables.

3.1.2 La generación de energías renovables

Las energías renovables que se producen en esta isla son la energía solar y la energía eólica. Desde el 2011 han empezado a funcionar los paneles fotovoltaicos que están instalados, en su mayoría, en las cubiertas de edificios de propiedades privadas. Hasta julio de 2012, la potencia instalada y funcionando normalmente, según la Empresa Nacional de Grecia que compra la energía producida por estas, es 243,94 kW. La potencia de fotovoltaicos que ocupa espacio eléctrico de la red es 455,93 kW, es decir que esta potencia podría contribuir en la producción en el futuro, pero todavía su funcionamiento no está autorizado. Aún hay un margen de 3.042 kW de potencia de energía producida por fotovoltaicos, según la Autoridad Reguladora de Energía.

No podemos saber exactamente la cantidad de energía que se produce con esta potencia porque faltan datos sobre el rendimiento de los paneles fotovoltaicos. Lo que sí se sabe es que esta cantidad de energía no sirve directamente para cubrir las necesidades de los propietarios que lo han instalado en sus cubiertas ya que la venden enteramente a la Empresa Nacional de Electricidad para ayudarla en los días de demanda máxima. Es decir, que la Empresa la recibe de ellos y la redistribuye en la red eléctrica. El alto coste de los paneles fotovoltaicos no permite la utilización para uso privado de la energía que se produce y solo es posible y más beneficioso venderla.

El único parque eólico, propiedad de la Empresa Nacional de Electricidad de la isla funciona desde los finales de 2011 con una potencia de 3,60 MW (4 aerogeneradores de 0,75 MW cada uno), en la localidad rural de Kamares, en el suroeste de la isla, una aportación muy pequeña, considerando la gran potencia eólica por la cual es conocida la isla. La instalación de los aerogeneradores todavía no está bien recibida por los habitantes que se molestan por el ruido que ellos hacen.



Fig.9 La fábrica de la Empresa Nacional de Electricidad que produce energía eléctrica a partir de combustión de mazut



Fig.10 Con el color negro están señalizadas las instalaciones fotovoltaicas, activadas y solicitadas
Fuente: RAE – Geospatial Map of Energy Units and Requests



Fig.11 Con el color verde están señalizados los parques eólicos, activados y solicitados, y con el azul se señalizan los aerogeneradores
Fuente: RAE – Geospatial Map of Energy Units and Requests

3.2 El cálculo del consumo energético en el sector residencial de Paros

- Descripción

El objetivo de este apartado es calcular con la mayor precisión la cantidad de energía consumida en el sector residencial, uno de los sectores más influyentes en el consumo total de la energía de Paros. Es importante saber cuál es esta cantidad para poder compartirla con los datos ya dispuestos sobre el sector de la edificación y el número de personas que reside de estas. De esta manera se podrán calcular los indicadores de consumo energético que se intentarán reducir tras la utilización de estrategias para conseguir la autosuficiencia del sector residencial. La energía consumida en este sector incluye dos tipos de energía: la cantidad de energía eléctrica por una parte, producida por unidades de producción térmicas como ya se ha mencionado, y por otra, la cantidad de petróleo que se quema en los hogares para calefacción.

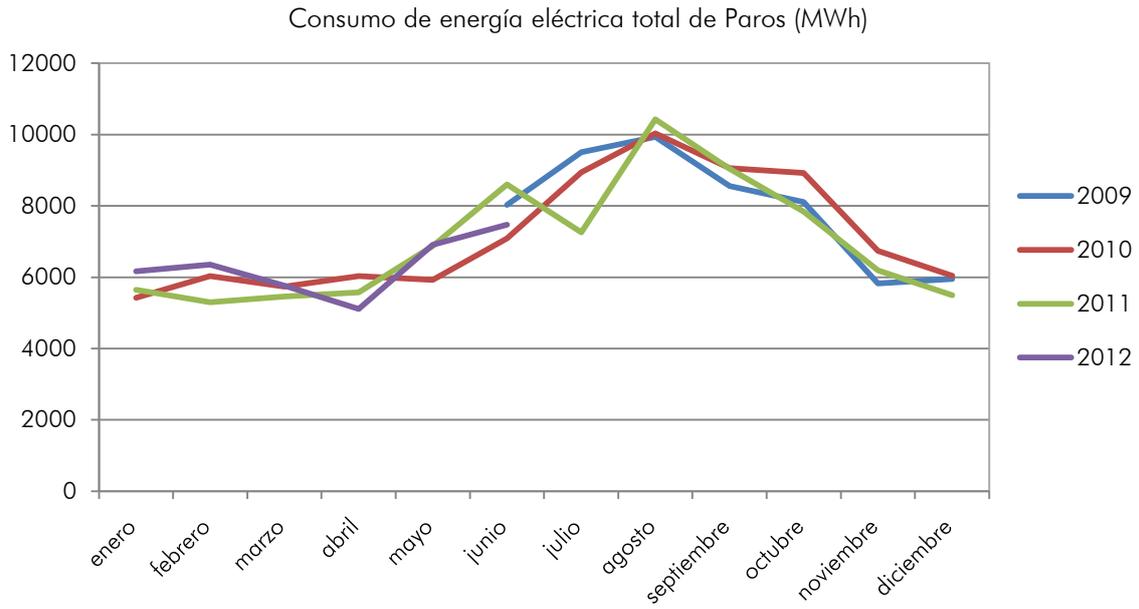
- Detección de datos directos y problemas

Los datos del consumo de la electricidad que se utilizan como directos, son los datos de la Empresa Nacional de Electricidad, del Departamento de las Islas no Interconectadas, sobre el consumo de Paros por mes, desde el junio de 2009 hasta enero de 2012. Por el mismo departamento se ha hecho la desagregación de los datos según el uso, es decir en doméstico, agrícola, comercial, industrial, alumbramiento público, público y otros servicios que consumen electricidad de baja tensión. También se han añadido al consumo total, los usos comercial e industrial de media tensión.

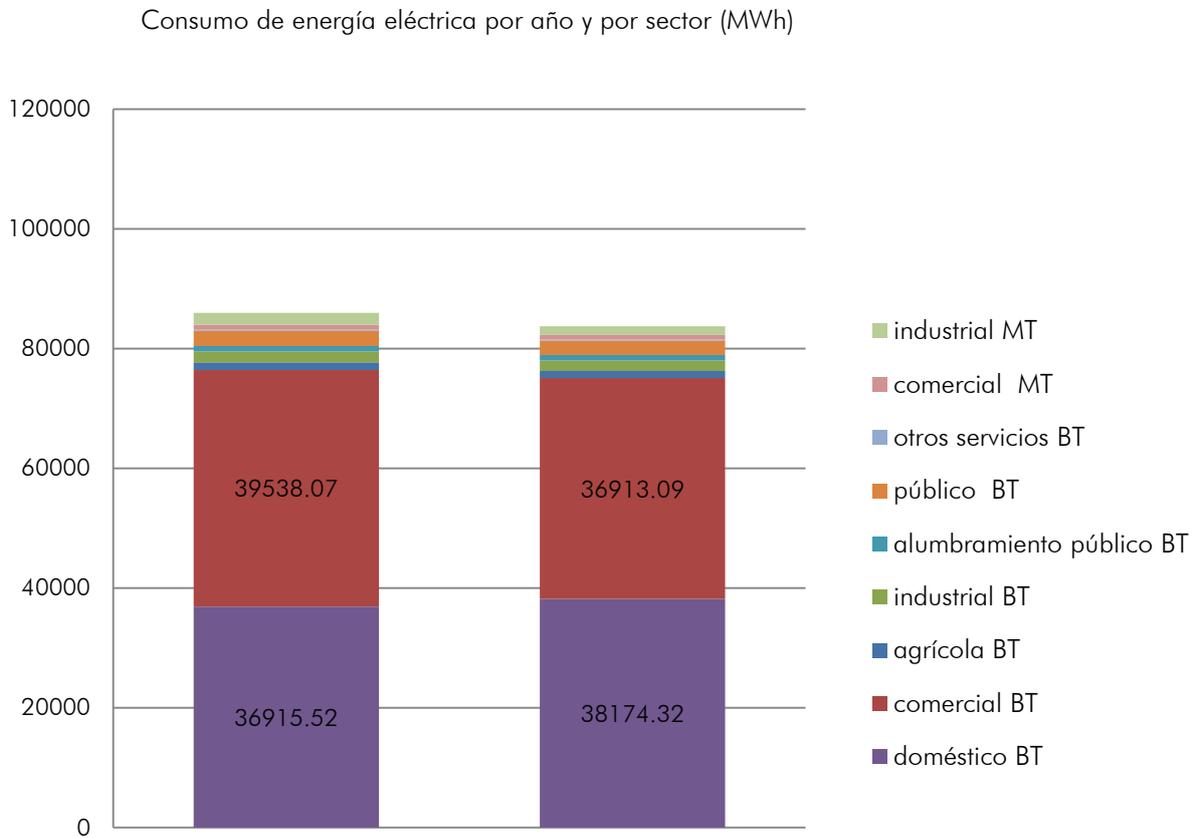
En el caso del petróleo ha sido más difícil conseguir datos sobre el consumo de Paros ya que no existen concretamente sobre la isla, sino solo sobre el consumo del conjunto de Cícladas. Los datos del consumo de petróleo para calefacción en total se pueden ver en la base de datos de la Oficina Nacional de Estadísticas de Grecia y son los datos del Departamento de Política Petrolera del Ministerio de Medio Ambiente, Energía y Cambio Climático. Otra base de datos que da información sobre el consumo de Grecia de petróleo para calefacción, es la de RAE y su balance energético para los años 2007, 2008 y 2009. Además, se utiliza como dato directo el consumo de petróleo para calefacción del sector residencial de Cícladas del programa Regiones 2020 SEAP de 2008, ofrecido por CRES. Este dato nos da la oportunidad de calcular con aproximación la cantidad para los próximos años. Finalmente, en los datos que existen no había el consumo de petróleo para el 2011, lo cual también se calcula, con aproximación, por el consumo total de petróleo de Grecia [6].

- Cálculo

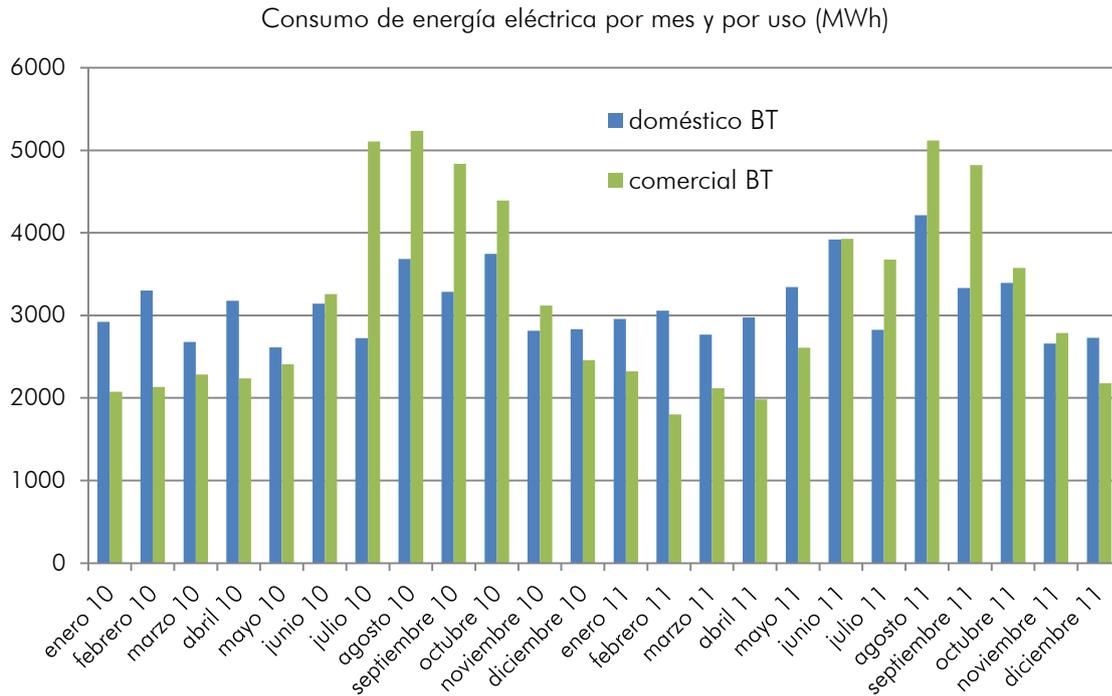
Para calcular la cantidad del petróleo total para calefacción en Paros se aplica la proporción del consumo energético de Paros, considerando que las viviendas en todas las islas de Cícladas tienen las mismas condiciones climáticas y consumen petróleo y electricidad de manera proporcional. En la Tabla se nota el consumo de petróleo empezando por Grecia y llegando paso a paso hasta el consumo de petróleo para calefacción de Paros.



Gráf.9 El consumo de electricidad de Paros durante 4 años por mes
Fuente: Empresa Nacional de Electricidad



Gráf.10 El consumo de electricidad de Paros por sector
Fuente: Empresa Nacional de Electricidad



Gráf.11 El consumo de electricidad de Paros en los 2 sectores más consumidores
Fuente: Empresa Nacional de Electricidad

| | | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Consumo final productos de petróleo Grecia | | 170.332.980 ^[1] | 169.588.660 ^[1] | 161.994.270 ^[1] | 158.679.720 ^[1] | 141.013.750 ^[1] | 132.100.616 ^[2] |
| Consumo final de petróleo para calefacción Grecia | | 46.944.053 ^[4] | 41.531.968 ^[4] | 36.618.914 ^[4] | 39.075.195 ^[4] | 34.161.142 ^[4] | 32.498.163 ^[4] |
| Consumo de petróleo para calefacción Cícladas | residencial | 207.523 ^[5] | 179.773 ^[5] | 172.221 ^[3] | 186.342 ^[5] | 148.081 ^[5] | 146.355 ^[5] |
| | total | 294.280 ^[4] | 254.930 ^[4] | 244.221 ^[4] | 264.245 ^[4] | 209.989 ^[4] | 207.541 ^[4] |
| Consumo de petróleo para calefacción Paros | residencial | 28.827 ^[5] | 24.972 ^[5] | 23.923 ^[5] | 25.885 ^[5] | 20.570 ^[5] | 20.330 ^[5] |
| | total | 42.671 ^[6] | 36.965 ^[6] | 35.412 ^[6] | 38.315 ^[6] | 30.448 ^[6] | 30.093 ^[6] |

Tabla.7 Consumo del petróleo para calefacción anual de Grecia, Cícladas y Paros

[1] datos directos de EUROSTAT

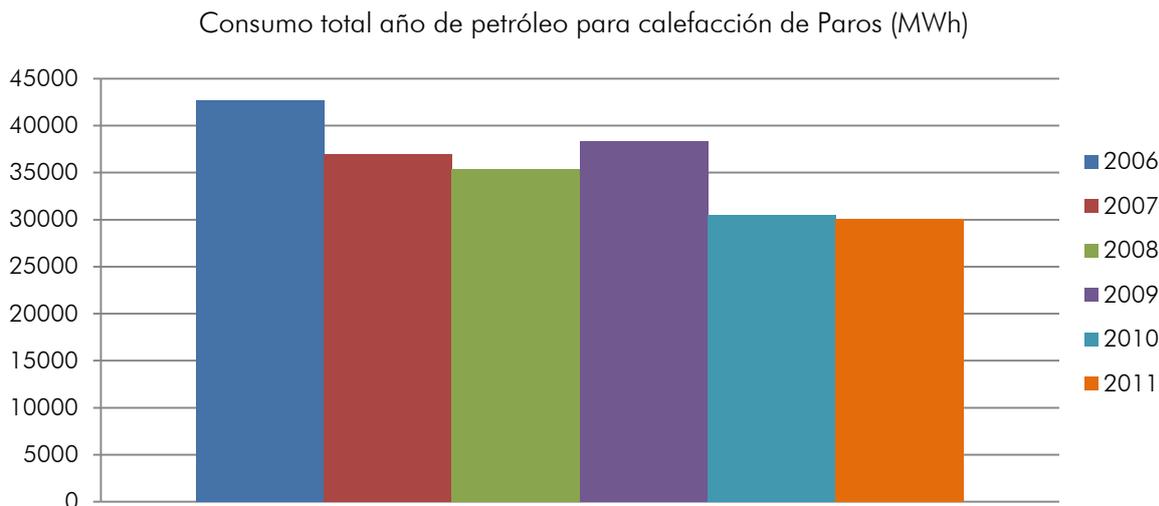
[2] dato en función de dato directo de BP y de EUROSTAT, se sabe de BP el consumo total productos de petróleo del 2011

[3] dato directo de Regions 202020 de SEAP

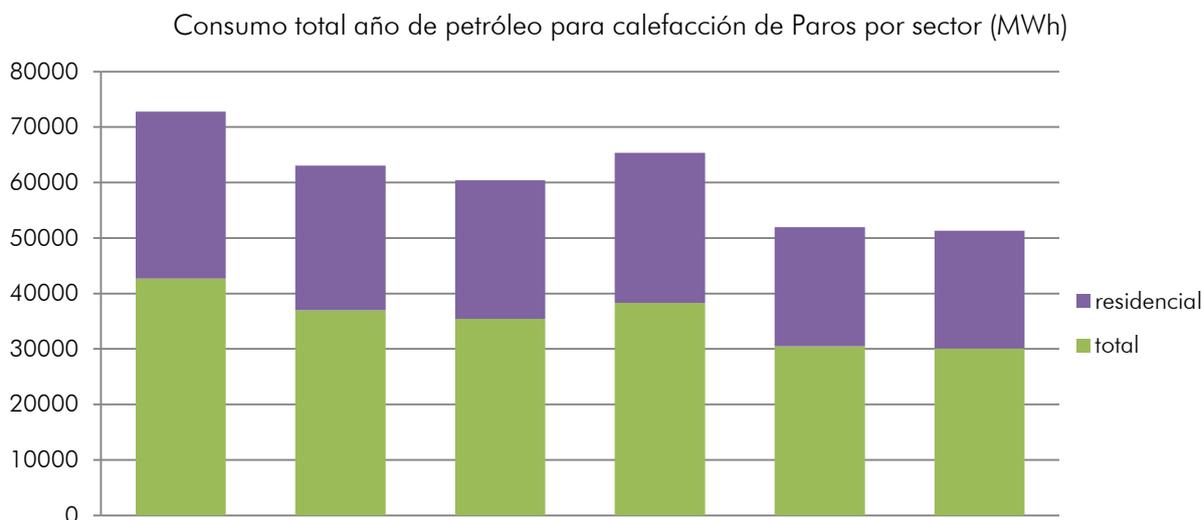
[4] datos directos del Ministerio de Medio Ambiente, Energía y Cambio Climático

[5] datos en función de la proporción de petróleo de Cícladas total por el petróleo consumido por el sector residencial

[6] datos estimados por el porcentaje 14.5 % que es del consumo de Paros del consumo eléctrico total de Cícladas



Gráf.12 El consumo de petróleo para calefacción total en los últimos años
Fuente: Elaboración de datos de EUROSTAT, BP, YPEKA, SEAP



Gráf.13 El consumo residencial comparado con el consumo total
Fuente: Elaboración de datos de EUROSTAT, BP, YPEKA, SEAP

El consumo eléctrico total de 88.050 MWh el 2007 ha bajado hasta los 83.720 MWh en 2011, con un pequeño aumento el 2008 y siguiendo bajando a partir de 2009.

Para calcular el consumo energético final total del sector residencial, se necesita el consumo del petróleo por mes. El petróleo que se consume en el sector residencial de Paros sabemos que se destina para la calefacción y no para el calentamiento del agua porque se utilizan colectores solares ampliamente. Sin embargo, no es fácil calcular el consumo de petróleo por mes porque el consumo depende de factores que varían por mes y por año y siempre se compra una gran cantidad por hogar, de la cual no se sabe qué cantidad se consume por mes. Los factores que influyen en la cantidad comparada son el precio por litro, la renta de los miembros del hogar y el sentimiento de desconfort térmico en invierno, que depende mucho de la temperatura exterior.

4. ESTRATEGIAS HACIA EL BALANCE CERO Y LA AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE PAROS

Lo que se planteó en el capítulo anterior ha sido una intención de averiguar el perfil energético de la isla y un registro lo más cercano posible a la realidad, de la cantidad de energía que se consume en el sector residencial de Paros, ya que es este sector, junto al comercial, el que gasta la mayor cantidad de energía. El registro más exacto y actual posible es una herramienta que nos puede conducir a conclusiones como son, más concretamente, la proporción de consumo de energía por habitante, por hogar o por vivienda. De esta manera, el consumo del sector residencial se puede repartir entre sus habitantes o sus hogares con mayor exactitud y ayudar a conducir a estrategias más eficientes para reducir estas cantidades. Los habitantes de Paros, a partir de ahí, siendo conscientes de lo que gastan, pueden reconsiderar su comportamiento y su actitud frente a esta realidad y a las medidas necesarias que ayudarán a bajar este consumo en provecho de ellos mismos. La cantidad de energía gastada se puede reducir con medidas de ahorro energético y se puede producir, alternativamente, por energías renovables, a nivel de isla o a nivel de la edificación.

A nivel de isla, el balance cero y la autosuficiencia tendría que ver con la capacidad de Paros de producir su propia energía en la época de verano cuando la demanda es más alta, reduciendo de esta manera el alto coste que conlleva de producción térmica, por la importación de petróleo, y al mismo tiempo las desconexiones que se producen en el mismo periodo de punta.

A nivel de la edificación, la autosuficiencia energética del sector residencial se refiere al aprovechamiento de los recursos que ofrece la naturaleza de Paros, la reducción del coste económico en el consumo de energía y la protección del medio ambiente.

4.1 Medidas para reducir la demanda energética en el sector residencial

4.1.1 La demanda de electricidad

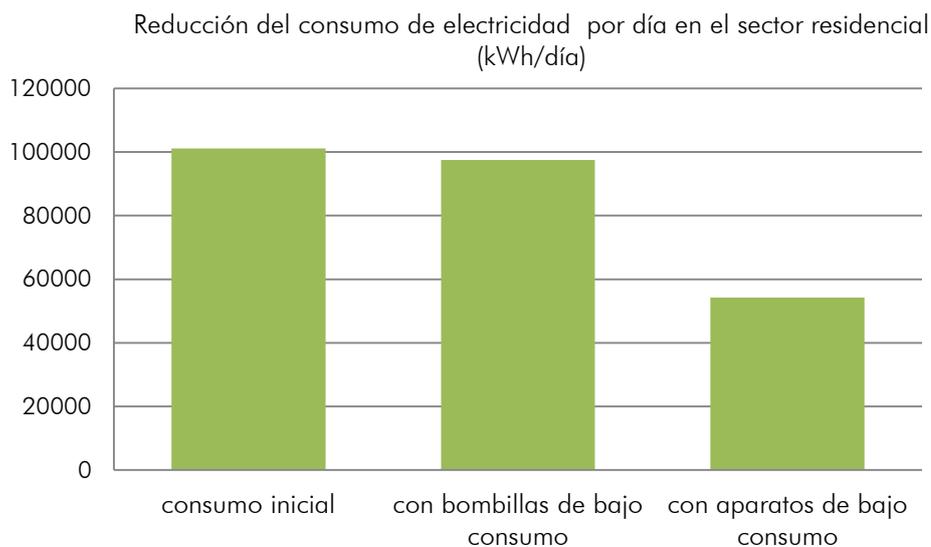
El consumo de electricidad del sector residencial del año 2011 fue 36.915 MWh que equivale a 101.138 kWh/día. Según el estudio comparativo entre 1990 y 2007 de la Energía final consumida en hogares de Grecia de CRES, el 69% de esta energía se gasta en calefacción, el 6,4 % se gasta para el agua caliente sanitaria, el 6,2 % para energía en cocinar y un 18,3 % en aparatos electrodomésticos e iluminación. La iluminación será en nuestros cálculos el 5,2 % del consumo de electricidad [4].

Las medidas que se proponen son:

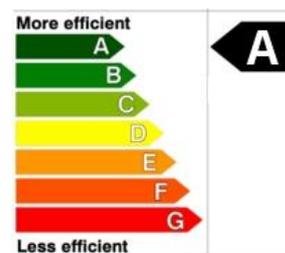
- La sustitución de las bombillas con otras de bajo consumo.
- La sustitución de los aparatos electrodomésticos por otros más eficientes energéticamente.

En el primer caso la electricidad para la iluminación se reduce al 69,6% del consumo inicial [4], es decir hay una reducción de 3.660 kWh/día del consumo de electricidad total, que se convierte en 97.478 kWh/día.

En el segundo caso, el cambio de la eficiencia de los aparatos electrodomésticos conlleva una reducción de 44,4 %, así los 97.478 kWh /día se convierten en 54.197 kWh/día.



Gráf.14 La reducción de la demanda de electricidad del sector residencial
Fuente: Elaboración de datos de CRES e ITeC



4.1.2 La demanda de agua caliente sanitaria

El consumo medio de litros de agua caliente sanitaria por día por persona para un turista es 60 l/día, y para un habitante es 50 l/día. En la siguiente tabla se nota la variación de la demanda en cada mes del año 2011. La fórmula con que se calcula la energía necesaria por día es:

Energía= cantidad de agua*calor específico de agua*salto térmico

salto térmico: la diferencia de temperatura entre la T_{agua} de la red y la T_{agua} preferible

| | habitantes [1] | turistas [1] | consumo habitantes(l) | consumo turistas (l) | demanda l/día [2] | consumo habitantes optimizado (l) | consumo turistas optimizado (l) | demanda optimizada (l) [3] | calor específico de agua (Wh/l °C) | T _{agua} preferible | T _{agua} red (°C) | salto térmico (°C) | demanda de energía (Wh/día) | demanda de energía (kWh/día) |
|---|----------------|--------------|-----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| E | 5238 | 0 | 261900 | 0 | 261900 | 157140 | 0 | 157140 | 1.16 | 45 | 13.84 | 31.16 | 9466533 | 9467 |
| F | 5238 | 0 | 261900 | 0 | 261900 | 157140 | 0 | 157140 | 1.16 | 45 | 12.61 | 32.39 | 9840212 | 9840 |
| M | 8148 | 2061 | 407400 | 123660 | 531060 | 244440 | 72135 | 316575 | 1.16 | 45 | 12.77 | 32.23 | 19854634 | 19855 |
| A | 8148 | 12366 | 488880 | 741960 | 1230840 | 244440 | 432810 | 677250 | 1.16 | 45 | 14.31 | 30.69 | 43818396 | 43818 |
| M | 10477 | 14428 | 628620 | 865680 | 1494300 | 314310 | 504980 | 819290 | 1.16 | 45 | 16.76 | 28.24 | 48950877 | 48951 |
| J | 14900 | 20611 | 894000 | 1236660 | 2130660 | 447000 | 721385 | 1168385 | 1.16 | 45 | 19.61 | 25.39 | 62753051 | 62753 |
| J | 14900 | 30916 | 894000 | 1854960 | 2748960 | 447000 | 1082060 | 1529060 | 1.16 | 45 | 21.93 | 23.07 | 73565468 | 73565 |
| A | 14900 | 41222 | 894000 | 2473320 | 3367320 | 447000 | 1442770 | 1889770 | 1.16 | 45 | 23.23 | 21.77 | 85035605 | 85036 |
| S | 11641 | 16489 | 582050 | 989340 | 1571390 | 349230 | 577115 | 926345 | 1.16 | 45 | 23.05 | 21.95 | 40010732 | 40011 |
| O | 8148 | 8244 | 407400 | 494640 | 902040 | 244440 | 288540 | 532980 | 1.16 | 45 | 21.53 | 23.47 | 24558219 | 24558 |
| N | 5238 | 0 | 261900 | 0 | 261900 | 157140 | 0 | 157140 | 1.16 | 45 | 18.98 | 26.02 | 7904980 | 7905 |
| D | 5238 | 0 | 261900 | 0 | 261900 | 157140 | 0 | 157140 | 1.16 | 45 | 16.49 | 28.51 | 8661452 | 8661 |

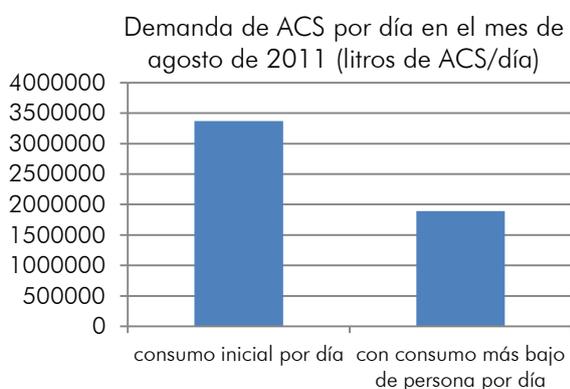
Tabla.8 Demanda inicial y demanda optimizada del consumo de energía para el ACS de Paros (2011)

[1] datos elaborados del censo de 2001

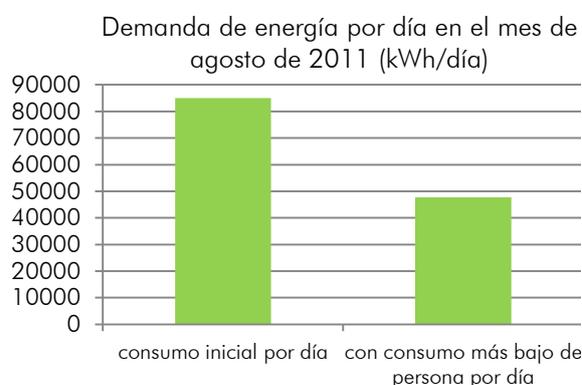
[2] calculación por 50 y 60 l/día, para habitantes y turistas respectivamente

[3] calculación por 30 y 35 l/día, uso optimo para habitantes y turista respectivamente

Según la Normativa del Rendimiento Energético de los Edificios (KEvAK), el consumo óptimo de litros de agua caliente sanitaria por día es un consumo 35% menos del inicial. Por lo tanto, el consumo diario óptimo para un turista es 35 l/día y para un habitante 30 l/día. Esta reducción del consumo diario en la demanda del mes punta de agosto de 2011 conlleva una reducción de 44,8 % de la energía necesaria para calentar los 1.477.550 litros de ACS ahorrados.



Gráf.15 reducción de demanda de litros ACS, Fuente: Elaboración de datos de KEvAK y del censo de 2001



Gráf.16 Reducción de demanda de kWh/día para ACS Fuente: Elaboración de datos de KEvAK y del censo de 2001

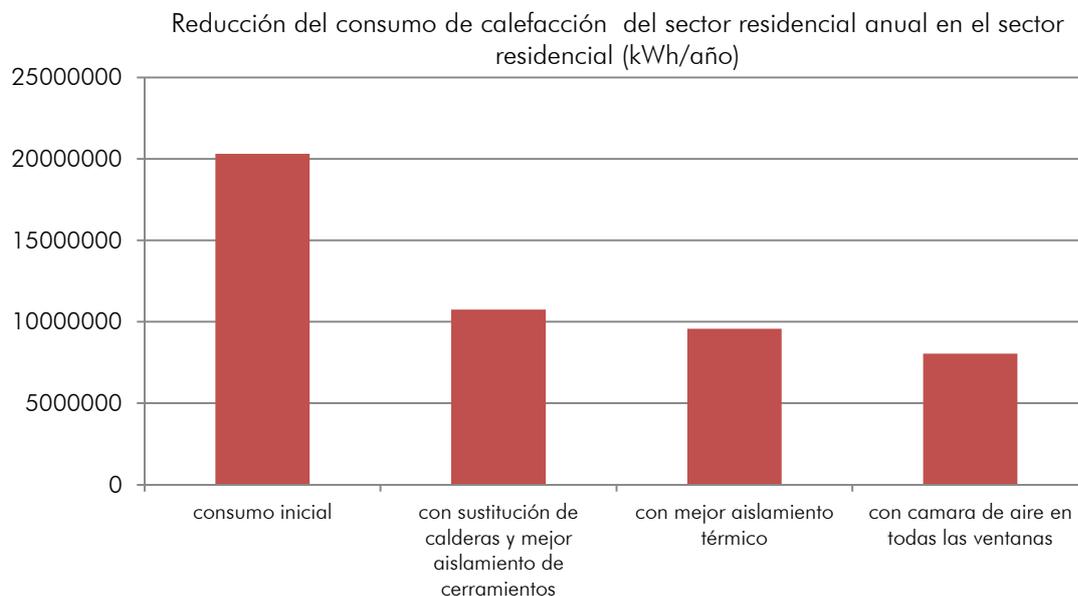
4.1.3 La demanda de calefacción

En el sur del mar Egeo el 36,2 % de los hogares utilizó petróleo para su calefacción [12]. El consumo total de petróleo para la calefacción del sector residencial de 2011 fue 20.330.000 kWh/año. Los hogares con calefacción de petróleo ya se han calculado en el capítulo 3, y son 1.788, por lo cual se puede calcular fácilmente que el consumo de petróleo para calefacción por hogar es 11.368 kWh/año.

Se proponen tres estrategias para mejorar el aislamiento térmico de las viviendas y reducir de esta manera la demanda de energía para calefacción:

- La instalación de calderas de condensación para la calefacción con rendimientos superiores a las convencionales y mejorar la resistencia térmica de los cerramientos (-47,1 %).
- La mejora del aislamiento térmico aumentando su grueso hasta 10 cm. (-11 %).
- El envidriamiento con cámara de aire en todas las ventanas de las viviendas (-16 %).

Aplicando las tres medidas anteriores se puede conseguir un ahorro total de 12.289.883 kWh/año. La demanda reducida del petróleo de calefacción por hogar es 4.496 kWh/año.



Gráf. 17 Reducción de la demanda de energía de petróleo para el 2011
Fuente: Elaboración de datos de KenaK y del censo de 2001

4.2 Producción de energías renovables

4.2.1 Producción de energía eléctrica

A continuación se intenta detectar la posibilidad de producir la cantidad necesaria de electricidad del sector residencial de Paros, con la utilización de paneles fotovoltaicos de silicio policristalino de 8W de potencia cada uno. El balance cero de electricidad en el sector residencial significa que la cantidad producida por los paneles fotovoltaicos será la misma que la que se va a consumir.

Como ya se ha calculado en el apartado anterior, la demanda reducida de la electricidad en el sector residencial por la sustitución de los electrodomésticos y de las bombillas actuales por otros de bajo consumo, será 54.197,77 kWh/día. La radiación media diaria de Paros es 5,05 kWh/día, por lo cual la proporción del consumo/radiación media diaria=10.732,23 kW o 10.732.232 W.

Los paneles que se han elegido tienen una potencia de 8 W por panel y su superficie es 0,65 m². (53,34 cm x 121,92 cm x 5,08 cm). Por lo tanto la potencia necesaria por día dividida por la potencia de un panel nos da como resultado que se necesitan 138.687 paneles fotovoltaicos de superficie total 90.191 m² que se necesitan para cubrir la demanda de electricidad y conseguir de esta manera el balance cero.

La superficie total de cubiertas de los edificios que contienen las viviendas electrificadas es 1.083.819 m². Por lo tanto, los fotovoltaicos pueden ocupar los 90.191 m² que se necesitan para cubrir la demanda de electricidad ya que su superficie equivale al 8.32 % de la superficie total de cubiertas.



Fig.12 El panel de silicio policristalino que se utiliza, potencia por panel: 80 W

4.2.2 Producción de energía eléctrica para el agua caliente sanitaria

La demanda de energía para el agua caliente sanitaria del sector de la edificación de Paros, con datos de 2011 para el cálculo se intentará cubrir con la instalación de colectores solares.

Se ha elegido un modelo específico por lo cual están publicados suficientes datos sobre su funcionamiento, por lo cual se podrá calcular con mayor exactitud su aportación en la demanda total de la energía para agua caliente sanitaria. Se trata del colector 10VTN de tubos evacuados de la empresa CALPAK. La superficie del colector es $1,61 \text{ m}^2$ ($1.600 \text{ mm} \times 1.193 \text{ mm} \times 110 \text{ mm}$), y según su certificado de funcionamiento, para un salto térmico entre la temperatura del líquido y de la temperatura necesaria de $30 \text{ }^\circ\text{C}$, aporta 840 W/m^2 por hora. Con esta potencia, 30 l del agua de la red se pueden calentar por un colector en 38.4 minutos. En función con esta cantidad se puede hacer el cálculo para la demanda de ACS en agosto de 2011. De esta manera, los $1.889.770 \text{ l}$ se pueden calentar por 62.993 colectores. Esta cantidad de colectores necesita ocupar 101.418 m^2 que corresponden al $9,36\%$ de la superficie total de cubiertas de edificios con viviendas electrificadas. El depósito mínimo de cada colector puede contener 125 l , una cantidad que necesita 2 horas y 40 minutos para calentarse, pero con un consumo óptimo siempre hay agua caliente suficiente en el depósito de agua.



Fig.13 El colector solar de tubos evacuados, modelo 10VTN, de la empresa CALPAK
Potencia para tener agua a $45 \text{ }^\circ\text{C}$: 840 Wh/m^2

4.2.3 Producción de energía para la calefacción con la combustión de biomasa.

Como combustible alternativo al petróleo para la calefacción del sector residencial, se propone un cultivo de biomasa, y más concretamente la de pasto varilla (*panicum virgatum*), que recientemente se utiliza para producir calor, etanol, fibra y electricidad. Es una especie perenne de estación cálida, que puede tolerar el déficit de agua del suelo y también una baja concentración de nutrientes en esto. Sus condiciones de cultivación dependen en gran parte de la ubicación geográfica y puede tolerar una gran variedad de condiciones climáticas y territoriales. Si se mantiene correctamente después de su primer establecimiento, un cultivo de pasto varilla puede permanecer productivo por un período indefinido.

La potencia del cultivo de pasto varilla es 10 toneladas por un hectáreo (10 ton/h) y tiene una potencia térmica de 185 GJ/ha que equivale a 51.388 kWh/ha. Proporcionalmente se puede calcular la cantidad de energía de una tonelada que es 5.138,8 kWh (5.13 kWh/kg). La potencia del cultivo de de pasto varilla en Grecia es 15-24 ton/ha/yr. Para la isla de Paros elegimos la potencia promedia anual de 19,5 ton/ha/yr que energéticamente corresponde a $19,5 \times 5.138,8 = 100.207$ kWh/ha/yr.

De los 23366 hectáreos total de la superficie de Paros se cultivan los 6.665 [1]. La demanda de petróleo para la calefacción del sector residencial en 2011, ya reducida por las medidas de mejoramiento del aislamiento térmico y por la sustitución de las calderas actuales por otras de rendimiento superior, es 8.040.117 kWh/año. La superficie que se necesita para producir esta cantidad es 80,2 ha. Por lo tanto es posible sustituir la combustión de petróleo por combustión de pasto varilla cultivando el 1,2 % de la superficie cultivada de la isla.



Fig.14 La planta pasto varilla (*panicum virgatum*) que se cultiva para la producción de biomasa

5. CONCLUSIONES

Datos geomorfológicos y climáticos de la isla

- Aunque la isla tiene un clima suave y con pocas precipitaciones, se puede prosperar en sus suelos la planta pasto varilla, que sirve como biomasa, y así conseguir la autosuficiencia de la calefacción de los hogares que utilizan petróleo de calefacción.

Registro de variación población y del sector de la edificación

- La población de la isla en verano se incrementa hasta 10 veces, y agosto es el mes de temporada alta, cuando vienen la mayoría de los turistas.
- Los datos que faltan del sector residencial y que ayudarían mucho a obtener resultados mejores tienen que ver con el volumen y la superficie exacta de las viviendas. Además, servirían los datos del registro de sus fechas de construcción y los materiales utilizados que se utilizarían para definir con más precisión el grado de confort térmico en estas, y por lo tanto la demanda real de calefacción y refrigeración.
- En el registro del número de viviendas añadidas por año según la Oficina Nacional de Estadísticas, no se sabe de qué tipo son y así no se ha podido utilizar la suma de las nuevas y de las existentes para sacar el número total actual de las viviendas.
- No ha sido posible registrar la cantidad de hoteles de la isla, aunque se podrían sumar por los datos que existen por internet. Sin embargo, no está publicada una lista completa de los hoteles y las pensiones existentes.

Registro de cantidad de energías no renovables

- Aunque no ha sido el tema de esta investigación, se sabe que la isla de Paros no consume mucho petróleo para su calefacción en el sector residencial (el 36,2 % de los hogares del mar Egeo Sur utiliza calefacción de petróleo, EEA 2008-2009), los hogares siguen gastando energía eléctrica y especialmente en el periodo de temporada alta de mayo a septiembre, lo cual conlleva un gran uso de petróleo que sirve como energía primaria para cubrir esta demanda eléctrica elevada. Por lo tanto, aparte de intentar cubrir la demanda del consumo final para la calefacción con la plantación de la planta pasto varilla, se podría plantear la cultivación de más hectáreas para cubrir la demanda de las unidades de producción térmica.

Registro de cantidad de energías renovables

- No ha sido posible por falta de datos más detallados de la Empresa Nacional de Electricidad, registrar la cantidad de energía producida por los fotovoltaicos en las cubiertas de propiedades privadas, por lo que no se puede saber si los habitantes pueden cubrir o no sus necesidades con la potencia que ya se ha instalado.
- Aunque se han aumentado en los últimos 2 años las instalaciones de paneles fotovoltaicos en la isla, su producción a causa del alto coste de compra de las instalaciones, y de su mantenimiento, no se puede utilizar por los propietarios, y resulta mucho más beneficioso para ellos venderla a la Empresa Nacional. Lo que sucede en realidad es que la empresa pretende utilizar esta energía extra para cubrir la demanda máxima de verano, durante el mediodía.

Registro de cantidad de energía consumida por el sector residencial

- La demanda energética incrementa proporcionalmente a la ocupación de la isla a lo largo del año, la demanda de verano es casi 10 veces mayor que la demanda de invierno.
- Registros de demanda eléctrica, ACS y calefacción en el sector residencial (2011): 101.138 kWh/día, 85.036 kWh/día (en agosto) y 20.330.000 kWh/año (11368 kWh/año/hogar), respectivamente.

Medidas de mejora para bajar la demanda energética

- Registro de los resultados obtenidos por la aplicación de medidas para bajar la demanda eléctrica, ACS y calefacción del sector residencial (2011): 54.197 kWh/día, 47.723 kWh/día (en agosto) y 8.040.117 kWh/año, (4496 kWh/año/hogar), respectivamente.
- La mayor reducción de demanda energética de 60 % ha sido la de calefacción.

Metodología del cálculo de datos

- En cuanto a la metodología de los cálculos, para poder plantear estrategias que ayudan a llegar al balance cero y a la autosuficiencia energética de la electricidad o de la calefacción, hay que tener los más datos posibles sobre el consumo y la producción de energía, ordenados y elaborados. Si no existen datos directos, hay que buscar maneras de calcularlos aunque aproximadamente, pero siempre relacionándolos con los datos existentes que orientarán los cálculos. Muy importante también es saber el rango de valores de los datos que se buscan y por lo tanto, cuantos más datos de la misma magnitud existen, con mayor precisión se calcularán los datos que se buscan. De esta manera se ha podido completar una lista de datos necesarios para plantear las medidas de reducción de la demanda y el dimensionado de los sistemas de energías renovables para el sector residencial
- Hay que tener en cuenta que verano es una época muy desfavorable para la búsqueda de datos oficiales ya que es la época en la que muchas personas que trabajan en los servicios públicos están de vacaciones. Por lo tanto, aparte de la falta real de datos en unos casos, el dato no se ha conseguido por la ausencia de la persona que sabía si existen y donde exactamente se pueden encontrar.

Resultados de producción de energía para cubrir la demanda eléctrica, ACS y calefacción de petróleo (balance cero y autosuficiencia)

- Los paneles fotovoltaicos de silicio policristalino (que servirán para cubrir la demanda de electricidad del sector residencial, deben ocupar el 8,3 % de las cubiertas de los edificios de las viviendas electrificadas.
- Los colectores solares (potencia: 840 W/m² por hora) que cubrirán la demanda de 1.889770 l de ACS diariamente en agosto (2011) deben ocupar el 9.36 % de las cubiertas de los edificios de las viviendas electrificadas.
- La cultivación de la planta pasto varilla, para cubrir totalmente la demanda de calefacción con petróleo de 1788 hogares en la isla, debe ocupar el 1,2 % de los suelos que se cultivan, un porcentaje pequeño que se podría aumentar en el caso que esta cantidad producida serviría para cubrir la demanda de energía primaria también.

6. BIBLIOGRAFÍA - REFERENCIAS

1. Gaitanis Christos, Desarrollo sostenible en la isla de Paros_Red de Islas Sostenibles (DAFNI), Universidad Politécnica de Atenas, Instituto Interdisciplinario de investigaciones ambientales, Atenas, 2007
2. Kliasou Iliana, Análisis de la filosofía de funcionamiento de un sistema híbrido de energía eólica, con extracción y ahorro, en el sistema de Paros-Naxos, Universidad Politécnica de Atenas, Escuela de Ingenieros, Departamento de Líquidos, Atenas, 2008
3. Karavitis Nikolaos, Maniatis Giorgos, Danchev Svetoslav, La igualación del impuesto particular del consumo del petróleo de calefacción y del petróleo de movimiento, Fundación de Investigación Económica y Industrial, Atenas, 2012
4. Cuchí Albert, Castelló Daniel, Díez Gloria, Sagrera Albert, Parámetros de sostenibilidad, ITeC, Barcelona, 2003
5. Fiippa-Apostolou Maro, Paros-Antiparos, serie de Arquitectura Griega Tradicional, 1982
6. Resumen estadístico de BP de la Energía Mundial, [www.bp.com/statistical review](http://www.bp.com/statistical%20review), 2012
7. Censo de 2001, Oficina Nacional de Estadísticas de Grecia (ΕΣΥΕ)
8. Servicio Meteorológico Nacional (ΕΜΥ)
9. Empresa Nacional de Electricidad (ΔΕΗ)
10. Administrador de la Red Griega de Suministro de Energía Eléctrica (ΔΕΔΔΗΕ)
11. Autoridad Reguladora de Energía, RAE (ΡΑΕ)
12. Agencia Europea de Medio Ambiente (ΕΕΑ)
13. Centro de Energías Renovables y Ahorro Energético, CRES (ΚΑΠΕ)
14. Normativa del Rendimiento Energético de los Edificios (ΚΕνΑΚ)
15. Estadísticas de EUROSTAT
16. Estadísticas de la base de datos ODYSSEE-MURE
17. Ministerio de Medio Ambiente, Energía y Cambio Climático
18. Estadísticas del Aeropuerto de Paros
19. Estadísticas de la Autoridad portuaria de Paros
20. Ayuntamiento de Paros

21. Report on Literature Review of Agronomic Practices for Energy Crop Production under Ontario Conditions, University of Guelph, 2011

